



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁMARA GERMINADORA DE SEMILLAS

Alumno: Pablo Castillejo Hernández

Tutor: Juan José Aguas Alcalde

Pamplona, 30 de Abril del 2014



DOCUMENTOS

1. MEMORÍA

2. PLANOS

3. PLIEGO DE CONDICIONES

4. PRESUPUESTO

5. BIBLIOGRAFÍA

6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD



ESCULA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁMARA GERMINADORA DE SEMILLAS

DOCUMENTO 1

MEMORIA

Alumno: Pablo Castillejo Hernández

Tutor: Juan José Aguas Alcalde

Pamplona, 30 de Abril del 2014



ÍNDICE

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. AUTOR DEL PROYECTO.....	7
1.2. OBEJTIVO DEL PROYECTO.....	7
1.3. UBICACIÓN.....	7
1.4. LEGISLACIÓN Y LA NORMATIVA APLICABLE.....	9
1.5. DESCRIPCIÓN DE LA CAMARA GERMINADORA.....	9
1.6. USO DE LA CAMARA GERMINADORA.....	10
2. GERMINACIÓN DE SEMILLAS.....	14
2.1. DEFINICIÓN DE GERMINACIÓN.....	14
2.2. PROCESOS DE GERMINACIÓN.....	14
2.2.1 <i>En el proceso de germinación podemos distinguir.....</i>	15
2.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA GERMINACIÓN.....	16
2.3.1 <i>Factores interno</i>	16
2.3.2 <i>Factores externos.....</i>	17
2.4. TIEMPO DE GERMINADO PARA LAS SEMILLAS EN CÁMARA.....	19
2.5. POSIBLES PROBLEMAS EN LA GERMINACIÓN.....	19
2.5.1 <i>Exceso de temperatura.....</i>	19
2.5.2 <i>Falta de humedad.....</i>	19
2.5.3 <i>Calidad de las semillas.....</i>	19
3. DISEÑO DE LA CÁMARA.....	20
3.1. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE LA CÁMARA.....	20
3.2. TEMPERATURA DE LA CÁMARA.....	20
3.3. CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA.....	20
3.4. MATERIALES DE LA CÁMARA.....	22
3.5. AISLANTE UTILIZADO	24
3.6. ESPESOR DEL AISLAMIENTO.....	25
3.6.1 <i>Metodología de cálculo.....</i>	26
3.7. AISLAMIENTO DEL SUELO.....	30
3.7.1 <i>Temperatura del suelo.....</i>	30
3.7.2 <i>Recintos a aislar.....</i>	30
3.7.3 <i>Ejecución del aislamiento del suelo.....</i>	31
3.8. OTROS ELEMENTOS Y ACCESORIOS DE LAS CÁMARAS PUERTAS.....	32
3.9. SUMIDERO EN EL SUELO.....	35
3.10. DESAGÜES DE EVAPORADORES.....	35
3.11. ILUMINACIÓN DE LA CÁMARA.....	35
4. CALCULO DE LA CANTIDAD DE MASA (tierra de siembra, “turba”).....	36



5. CALCULO DE LA CARGA TÉRMICA.....	39
5.1. INTRODUCCIÓN.....	39
5.2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL CÁLCULO.....	39
5.2.1 <i>Introducción</i>	39
5.2.2 <i>Bases para el Cálculo</i>	40
5.2.3 <i>Partidas de calor</i>	41
5.2.3.1 Flujo de calor a través de los cerramientos.....	41
5.2.3.2 Entrada de aire exterior a la cámara.....	42
5.2.3.3 Calor aportado por motores.....	44
5.2.3.4 Calor aportado por las personas.....	44
5.2.3.5 Calor liberado por la iluminación.....	45
5.2.3.6 Conservación de los productos (calor necesario para calentar la “masa de tierra” TURBA).....	45
5.2.3.7 Calentamiento del embalaje.....	45
5.2.4 <i>Calor total de respiración y potencia de la máquina de frío</i>	46
5.3. PROCESOS DE CÁLCULO.....	46
5.3.1 <i>Necesidades y características de la instalación</i>	46
5.3.1.1 Humedad y Temperatura del Diseño.....	46
5.3.1.2 Flujo de Mercancía y condiciones de entrada.....	47
5.3.1.3 Propiedades de la mercancía.....	48
5.3.2 <i>Cambio de unidades</i>	49
5.3.3 <i>Flujo de Calor a través de los cerramientos</i>	49
5.3.4 <i>Entrada de aire exterior a la cámara</i>	49
5.3.5 <i>Calor aportado por los motores</i>	49
5.3.6 <i>Calor aportado por las personas</i>	50
5.3.7 <i>Calor aportado por la iluminación</i>	50
5.3.8 <i>Calentamiento de la mercancía, (calentamiento de la turba)</i>	50
5.3.9 <i>Calentamiento del embalaje</i>	51
5.3.10 <i>Carga de refrigeración total</i>	51
6. COMPRESOR.....	53
6.1. INTRODUCCIÓN.....	53
6.2. COMPRESOR ALTERNATIVO.....	54
6.2.1 <i>Elementos del compresor alternativo</i>	54
6.2.2 <i>Terminología</i>	55
6.2.3 <i>Funcionamiento</i>	56
6.2.4 <i>Lubricación</i>	56
6.3. COMPRESOR DE TORNILLOS.....	57
6.3.1 <i>Funcionamiento</i>	57
6.3.2 <i>Importancia del Aceite</i>	57
6.4. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPRESORES, SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN.....	58
6.4.1 <i>Compresor abierto</i>	58
6.4.2 <i>Compresor hermético</i>	58
6.4.3 <i>Compresor semihermético</i>	59
6.5. CONTROL DE LA CAPACIDAD.....	59
6.5.1 <i>Control de parada y puesta en marcha</i>	60
6.5.2 <i>Variación de la velocidad</i>	60
6.5.3 <i>Descarga de cilindros</i>	60
6.5.4 <i>Derivación del gas caliente</i>	61
6.6. RENDIMIENTO DEL COMPRESOR.....	62



6.7. SELECCIÓN DEL COMPRESOR.....	62
6.7.1 Datos para la selección del compresor.....	63
6.7.2 Datos del compresor seleccionado.....	63
7. EVAPORADOR.....	67
7.1. INTRODUCCIÓN.....	67
7.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ALIMENTACIÓN DEL LÍQUIDO.....	67
7.2.1 Evaporadores inundados.....	67
7.2.2 Evaporadores se inundados.....	68
7.2.3 Evaporadores secos.....	68
7.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN.....	68
7.3.1 Evaporadores de tubo lisos.....	68
7.3.2 Evaporadores de placas.....	68
7.3.3 Evaporadores de tubos con aletas.....	69
7.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PROCEDIMIENTO DE CIRCULACIÓN DEL AIRE.....	69
7.4.1 Convección natural.....	69
7.4.2 Convección forzada.....	70
7.5. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SISTEMA DE DESESCARCHE.....	70
7.5.1 Desescarche por aire.....	70
7.5.2 Desescarche por resistencia eléctrica.....	71
7.5.3 Desescarche por gas caliente.....	71
7.6. CALCULO DEL EVAPORADOR.....	72
7.6.1 Selección del evaporador mediante catálogo.....	73
7.7. SELECCIÓN DEL EVAPORADOR.....	73
7.7.1 Datos para la selección del evaporador.....	75
7.7.2 Datos del evaporador seleccionado.....	75
8. CONDENSADOR.....	76
8.1. INTRODUCCIÓN.....	76
8.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CONDENSADORES.....	76
8.2.1 Condensador refrigerado por aire.....	76
8.2.2 Condensador refrigerado por agua.....	77
8.3. SELECCIÓN DEL CONDENSADOR.....	78
8.3.1 Datos para la selección del condensador.....	78
8.3.2 Datos del condensador seleccionado.....	79

9. VÁLVULAS DE EXPANSIÓN Y OTRAS VÁLVULAS DE REGULACIÓN...80

9.1. VÁLVULAS MANUALES.....	80
9.2. TUBOS CAPILARES.....	80
9.3. VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.....	81
9.3.1 <i>Funcionamiento</i>	81
9.3.2 <i>Recalentamiento</i>	82
9.3.3 <i>Válvulas de expansión termostática con igualador externo</i>	83
9.3.4 <i>Válvulas de expansión termostática con MOP.</i>	83
9.4. VÁLVULAS DE EXPANSIÓN DE FLOTADOR.....	83
9.5. VÁLVULAS DE REGULACIÓN.....	84
9.5.1 <i>Válvula reguladora de presión de aspiración</i>	84
9.5.2 <i>Válvula de cierre manual</i>	84
9.5.3 <i>Válvula de retención</i>	84
9.5.4 <i>Válvula de descarga</i>	85

10. SALA DE MÁQUINAS.....86

10.1. COMPOSICIÓN Y COMUNICACIÓN CON EL RESTO DEL INVERNADERO.....	86
--	----

11. REGULACIÓN Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN.....87

11.1. INTRODUCCIÓN.....	87
11.2. CONTROL DE LA TEMPERATURA.....	88
11.3. CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA.....	89
11.4. CONTROL DEL NIVEL DE LÍQUIDO.....	90
11.5. CONTROL DE LA CAPACIDAD DE LA INSTALACIÓN.....	90
11.6. PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN.....	91
11.7. PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN.....	91
11.8. CONTROL DE LA PRESIÓN DEL ACEITE.....	92
11.9. FILTRO SECADOR.....	92
11.10. VISOR DEL LÍQUIDO.....	92
11.11. SEPARADOR DE ACEITE.....	93
11.12. INTERCAMBIADOR DE CALOR LÍQUIDO-GAS.....	93
11.13. ACUMULADOR ASPIRACIÓN.....	94
11.14. RECIPIENTE DE LÍQUIDO.....	94
11.15. FUNCIONAMIENTO CONJUNTO DE LOS ELEMENTOS DE REGULACIÓN.....	94



12. TUBERÍAS DE REFRIGERACIÓN. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONADO.....	96
12.1. INTRODUCCIÓN.....	96
12.2. CAIDA DE PRESIÓN.....	96
12.3. RETORNO DEL ACEITE.....	97
12.4. PROTECCIÓN DEL COMPRESOR.....	98
12.5. LÍNEAS DE REFRIGERANTE.....	98
12.5.1 Línea de aspiración.....	98
12.5.2 Línea de descarga.....	99
12.5.3 Línea de líquido.....	99
12.6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS.....	100
12.6.1 Introducción.....	100
12.6.2 Criterio de velocidades.....	100
12.6.3 Criterio de pérdidas de carga.....	101
12.6.3.1 Cálculo del factor de fricción.....	102
12.6.3.2 Cálculo de la longitud equivalente.....	103
12.7. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS.....	107
12.7.1 Línea aspiración.....	107
12.7.2 Línea descarga.....	109
12.7.3 Línea de líquido.....	111
12.7.4 Resumen dimensionado tuberías.....	113
12.8. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS.....	114

1. INTRODUCCIÓN

1.1. AUTOR DEL PROYECTO

El autor del presente proyecto fin de carrera es el alumno de Ingeniería Técnica Industrial especialidad Mecánica de la Universidad Pública de Navarra, Pablo Castillejo Hernández.

1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

El Objetivo del proyecto es calcular y diseñar una cámara de germinación donde se mejore el germinado de las semillas y se consiga a su vez un germinado más uniforme en las bandejas que es donde se realizara la siembra de las semillas.

El propósito de dicha cámara es conseguir un germinado homogéneo logrando a su vez el mayor número de semillas germinadas por bandeja.

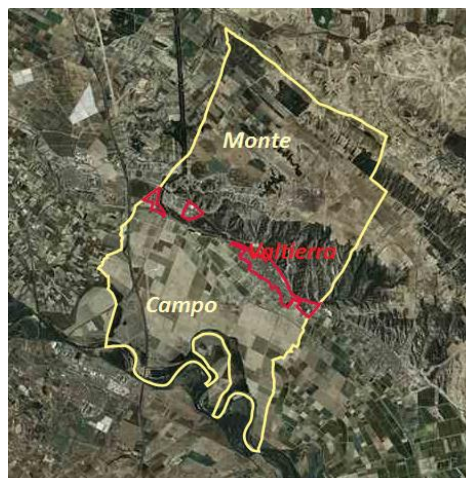
La construcción de dicha cámara estará regulada por el CODIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN y la normativa urbanística de la parcela a la que pertenece.

Para este objetivo se aplicarán los conocimientos adquiridos en la carrera:

- Dimensionamiento de la cámara de germinación para la función que va a desempeñar.
- Planificación de la obra y tipo de materiales a utilizar.
- Realización del presupuesto de la obra.

1.3. UBICACIÓN

La ubicación de la *cámara de germinación* estará situada en la localidad de **Valtierra** (Navarra). Aquí puede verse en territorio de la villa.



Estará ubicada en el territorio conocido como “campo” que corresponde: a polígono 5, parcela 153, como puede verse en la fotografía.



La cámara germinadora estará situada dentro de unos invernaderos propios donde desempeñará dicha función.





1.4. LEGISLACIÓN Y LA NORMATIVA APLICABLE

La normativa que debemos aplicar en este proyecto es la que recoge el código técnico de edificación (CTE), con algunas incorporaciones:

- Normas UNE
- DB SE Seguridad estructural.
- DB SE-AE Acciones de la edificación.
- DB SE-C Cimientos.
- DB SE-A Acero.
- DB SI: Seguridad Caso de Incendio.
- DB HS: Salubridad.
- DB HE Ahorro de energía (2013) BOE 12/09/2013.
- REAL DECRETO 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- REAL DECRETO 3099/1977, de 8 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.
- Norma básica NBE-CT-79 sobre Condiciones Térmicas en los Edificios.
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (IT.IC).
- Reglamento de seguridad e higiene.
- Reglamento de Aparatos a Presión (Real decreto 2060/2008) de 12 de Diciembre

1.5. DESCRIPCIÓN DE LA CAMARA GERMINADORA

El aislamiento térmico ha ido mejorando con el transcurso de los años. Se ha pasado de dos simple paredes de ladrillos rellenas del elemento aislante (como corcho, madera) hasta llegar a los actuales paneles tipo sándwich formado por un núcleo aislante de espuma rígida de poliuretano unida a dos capas de cobertura exteriores metálicas.

La cámara germinadora constara de una sola habitación que tendrá 10 m de largo x 5m de ancho x 3 m de altura que en total hará un volumen de 150 m³.

El suelo será de hormigón pulido de (3,5 kg/m² aprox.), tendrá una sola puerta corredera y las paredes lateras con el techo serán de paneles desmontables prefabricados en chapa de acero galvanizado que actuaran como un aislante térmico.

La cámara ira dotara de *una maquina térmica* para tomar calor de un foco frío (temperatura más baja) y transferirlo a otro caliente (temperatura más alta) que aportaran calor.

Puerta corredera



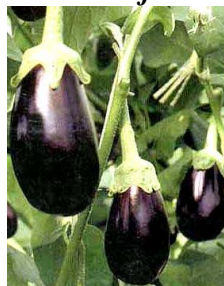
Así quedaría la cámara de germinación



1.6. USO DE LA CAMARA GERMINADORA

Esta cámara germinadora servirá para el germinado de diferentes tipos de semillas, entre ellas he seleccionado las siguientes:

** Berenjena*



** Lechuga*



** Borraja*



** Cebolla*



** Acelga*



** Tomate*



** Pimiento*



** Brócoli*



** Coliflor*



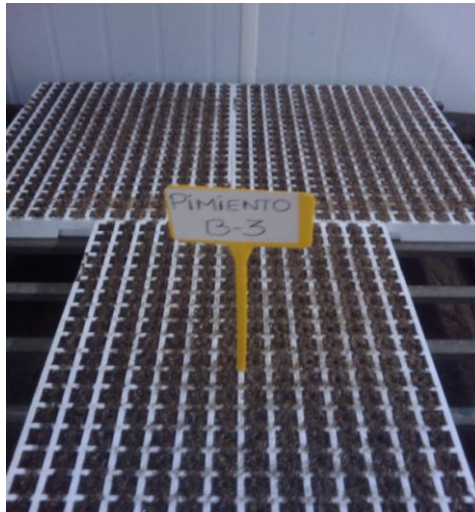
** Calabacín*



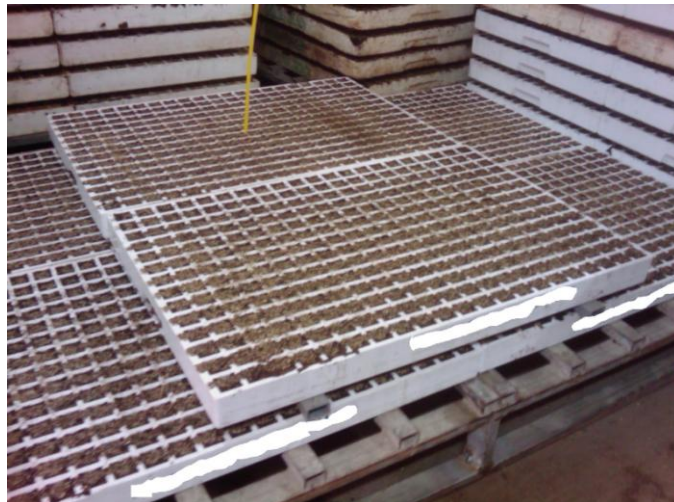
Se pretende diseñar la cámara para el germinado de las diferentes semillas.

La siembra de las diferentes semillas, se realizara en unas bandejas de corcho, provenientes de una máquina sembradora.

En la cámara solo se realizara el trabajo del germinado de las semillas.



Las bandejas formaran torretas e irán agrupadas en palets, como se puede ve en la imagen.

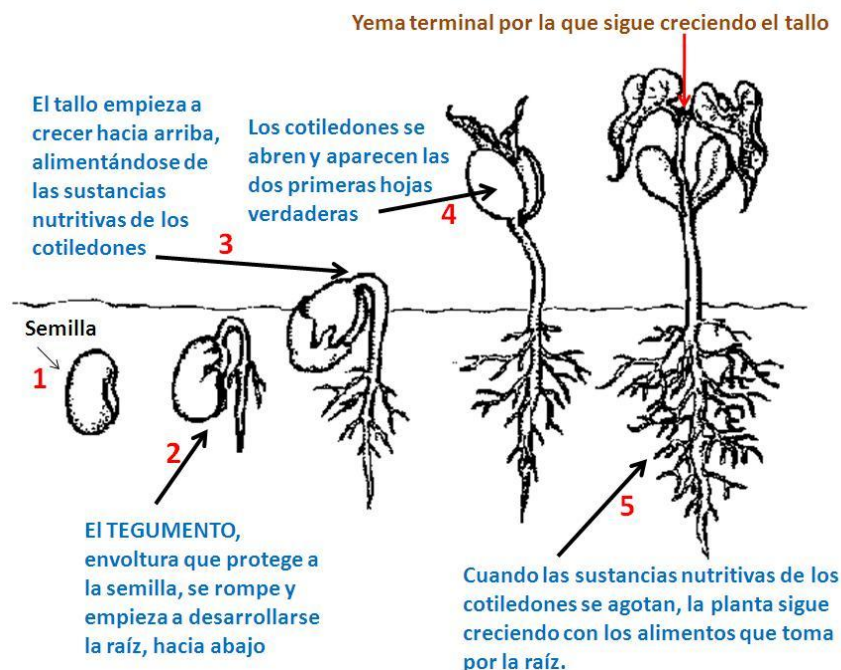


2. GERMINACIÓN DE SEMILLAS

2.1. DEFINICIÓN DE GERMINACIÓN

Proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo: temperatura, agua, oxígeno y sales minerales.

El ejemplo más común de germinación, es el brote de un semillero a partir de una semilla de una planta floral o angiosperma.



La importancia de este proceso en la semilla es vital, pues si no hay germinación no hay planta y sin planta no hay cosecha.

2.2. PROCESOS DE GERMINACIÓN

Para que el proceso de germinación, es decir, la recuperación de la actividad biológica por parte de la semilla, tenga lugar, es necesario que se den una serie de condiciones ambientales favorables como son: un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y, una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula.

La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos, que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas. A su vez la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula.

Sin embargo, las semillas de muchas especies son incapaces de germinar, incluso cuando

se encuentran en condiciones favorables. Esto es debido a que las semillas se encuentran en estado de latencia. Por ello, mientras no se den las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se mantendrá latente durante un tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que llegado un momento, pierda su capacidad de germinar.

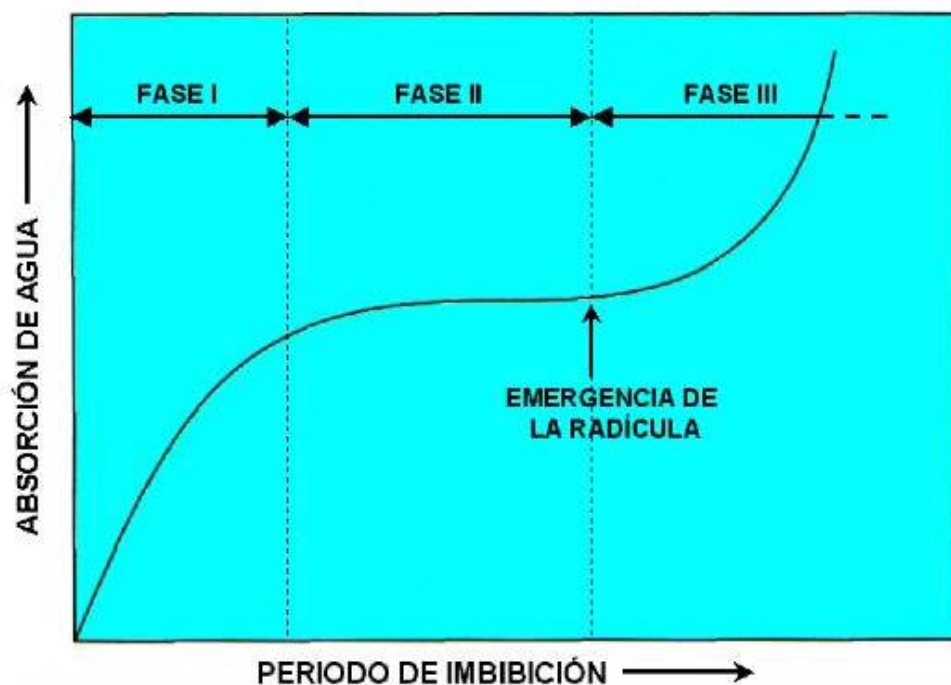
2.2.1 En el proceso de germinación podemos distinguir

1º Fase de hidratación: La absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin el cual el proceso no puede darse. Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria.

2º Fase de germinación: Representa el verdadero proceso de la germinación. En ella se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse.

3º Fase de crecimiento: Es la última fase de la germinación y se asocia con la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible). Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria.

FASES DE LA GERMINACIÓN:



La duración de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades de las semillas, como su contenido en compuestos hidratables y la permeabilidad de las cubiertas al agua y al oxígeno.

Estas fases también están afectadas por las condiciones del medio, como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, etc.

Otro aspecto interesante es la relación de estas fases con el metabolismo de la semilla.



La primera fase se produce tanto en semillas vivas y muertas y, por tanto, es independiente de la actividad metabólica de la semilla. Sin embargo, en las semillas viables, su metabolismo se activa por la hidratación.

La segunda fase constituye un período de metabolismo activo previo a la germinación en las semillas viables o de inicio en las semillas muertas.

La tercera fase se produce sólo en las semillas que germinan y obviamente se asocia a una fuerte actividad metabólica que comprende el inicio del crecimiento de la plántula y la movilización de las reservas.

Por tanto los factores externos que activan el metabolismo, como la temperatura, tienen un efecto estimulante en la última fase.

En las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, a partir de la fase de crecimiento se entra en una situación fisiológica irreversible. La semilla que haya superado la fase de germinación tendrá que pasar a la fase de crecimiento y originar una plántula, o por el contrario morir.

2.3. FACTORES QUE AFECTAN A LA GERMINACIÓN

2.3.1 Factores internos

Madurez de las semillas

Decimos que una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico.

La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo.

Viabilidad de las semillas

Es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Atendiendo a la longevidad de las semillas, es decir, el tiempo que las semillas permanecen viables, pueden haber semillas que germinan, todavía, después de decenas o centenas de años; se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas.

<i>Especie</i>	<i>Años</i>
<i>Acelga</i>	4
<i>Berenjena</i>	5
<i>Calabacín</i>	5
<i>Cebolla</i>	1
<i>Coliflor</i>	4
<i>Lechuga</i>	3
<i>Borraja</i>	2
<i>Brócoli</i>	1
<i>Pimiento</i>	3
<i>Tomate</i>	3



2.3.2 Factores externos

Entre los factores ambientales más importantes que inciden en el proceso de germinación destacamos: *humedad, temperatura y gases*.

Humedad

El agua es básica para que se inicie el proceso de germinación. La humedad del suelo hidrata la semilla lo que produce el desarrollo del embrión que rompe la cubierta. La raíz se hunde hacia la tierra, mientras que el tallo crece hacia el exterior formándose la plántula.

La plántula, constituida por el tallo y el cotiledón o cotiledones, se nutre del almidón almacenado en la semilla, hasta que se forman las verdaderas hojas capaces de alimentar la nueva planta.

Una humedad demasiado bajo para lo que requiere una especie determinada no logra activar el proceso de germinado.

Una humedad demasiado elevada podría impedir la captación de oxígeno del suelo, necesario para comenzar a crecer y podría facilitar la aparición de enfermedades.

Se debe de mantener un nivel mayor 60% de humedad en el medio ambiente de las semillas, para una buena germinación se deberá de tener una humedad relativa de 70-80%.

Temperatura

La temperatura es otro factor que determina la germinación al activar una serie de enzimas que inician los metabólicos adecuados.

La temperatura depende también de cada tipo de planta, aunque la mayoría de germinan antes cuando las temperaturas son más elevadas. Estas condiciones se suelen cumplir cuando plantamos la semilla en la época ideal.

El cuadro siguiente muestra la temperatura ideal para la germinación de algunas verduras y hortalizas, así como la y mínima en la que también se puede iniciar la germinación.

Para conseguir el mayor poder germinativo de las semillas que vamos a plantar deberíamos escoger una época del año en que la temperatura sea la óptima.

<i>Temperaturas a las que pueden germinar</i>			
<i>Tipo de cultivo</i>	<i>Temperatura ideal</i>	<i>Temperatura mínima</i>	<i>Temperatura máxima</i>
<i>Acelga</i>	18-22	6	34
<i>Berenjena</i>	20-25	15	35
<i>Borraja</i>	18-25	8	30
<i>Calabacín</i>	20-30	10	40
<i>Cebolla</i>	20-25	5	30
<i>Brócoli</i>	20-30	5	35
<i>Coliflor</i>	24-30	5	35
<i>Lechuga</i>	15-20	4	30
<i>Pimiento</i>	20-30	8	35
<i>Tomate</i>	25-30	13	40

La temperatura máxima de la cámara será de 40°C y la temperatura mínima de la cámara será de 4°C.

Gases

La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O₂ y CO₂. De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas.

La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de O₂ y un 0.03% de CO₂. El efecto del CO₂ es el contrario del O₂, es decir, las semillas no pueden germinar se aumenta la concentración de CO₂.

Para que la germinación tenga éxito, el O₂ disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión. A veces, algunos elementos presentes en la cubierta seminal como compuestos fenólicos, capa de mucílago, macroesclereidas, etc. pueden obstaculizar la germinación de la semilla por que reducen la difusión del O₂ desde el exterior hacia el embrión.

Además, hay que tener en cuenta que, la cantidad de O₂ que llega al embrión disminuye a medida que aumenta disponibilidad de agua en la semilla.

A todo lo anterior hay que añadir que la temperatura modifica la solubilidad del O₂ en el agua que absorbe la semilla, siendo menor la solubilidad a medida que aumenta la temperatura.

2.4. TIEMPO DE GERMINADO PARA LAS SEMILLAS EN CÁMARA

<i>Cultivo</i>	<i>Época de siembra</i>	<i>Recolección</i>	<i>Tiempo de germinado en la cámara</i>
<i>Acelga</i>	<i>Marzo - Octubre</i>	<i>Todo el año</i>	<i>7 – 9 días</i>
<i>Berenjena</i>	<i>Febrero – Marzo</i>	<i>Julio – Octubre</i>	<i>7 – 10 días</i>
<i>Borrajá</i>	<i>Primavera – Otoño</i>	<i>140 días</i>	<i>4 – 5 días</i>
<i>Calabacín</i>	<i>Marzo – Abril</i>	<i>90 días</i>	<i>5 – 10 días</i>
<i>Cebolla</i>	<i>Agosto – Octubre</i>	<i>Mayo – Julio</i>	<i>8 – 10 días</i>
<i>Brócoli</i>	<i>Mayo – Julio</i>	<i>150 días</i>	<i>1 día</i>
<i>Coliflor</i>	<i>Mayo – Julio</i>	<i>150 días</i>	<i>5 – 6 días</i>
<i>Lechuga</i>	<i>Agosto – Octubre</i>	<i>90 – 120 días</i>	<i>7- 8 días</i>
<i>Pimiento</i>	<i>Febrero – Abril</i>	<i>150 días</i>	<i>3 – 5 días</i>
<i>Tomate</i>	<i>Febrero – Mayo</i>	<i>150 días</i>	<i>5 – 8 días</i>

2.5. POSIBLES PROBLEMAS EN LA GERMINACIÓN

2.5.1 Exceso de temperatura

Si la temperatura del lugar de germinación aumenta por arriba 33°C, las semillas no germinarán y morirán.

Aunque la temperatura ambiente este por debajo de esta temperatura la temperatura del medio de crecimiento puede alcanzar mayores temperaturas. Se recomienda utilizar un termómetro para medir periódicamente esta temperatura. Si la temperatura es 30 °C se recomienda mover las semillas a un lugar más fresco.

2.5.2 Falta de humedad

La falta de humedad es un factor muy delicado en las semillas recién germinadas. Se debe de mantener un nivel del 60% o mayor de humedad en el medio ambiente de las semillas. Si el lugar de germinación es un lugar seco, se puede poner un plástico sobre las semillas para retener la humedad. Pero es muy importante que haya circulación de aire para mantener el suministro de oxígeno constante de otra manera se asfixiarán por no poder respirar.

2.5.3 Calidad de las semillas

Es un factor muy importante para la *germinación*. Es mejor comprar semillas frescas producidas por compañías reconocidas que generan cada año.

3. DISEÑO DE LA CÁMARA

3.1. INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE LA CÁMARA

El diseño de la cámara es uno de los puntos importantes de este proyecto.

Cabe decir que la idea del proyecto es la de diseñar una cámara germinadora con el fin de mejorar el germinado de las semillas.

3.2. TEMPERATURA DE LA CÁMARA

La Temperatura de la cámara se regulara mediante un termostato.

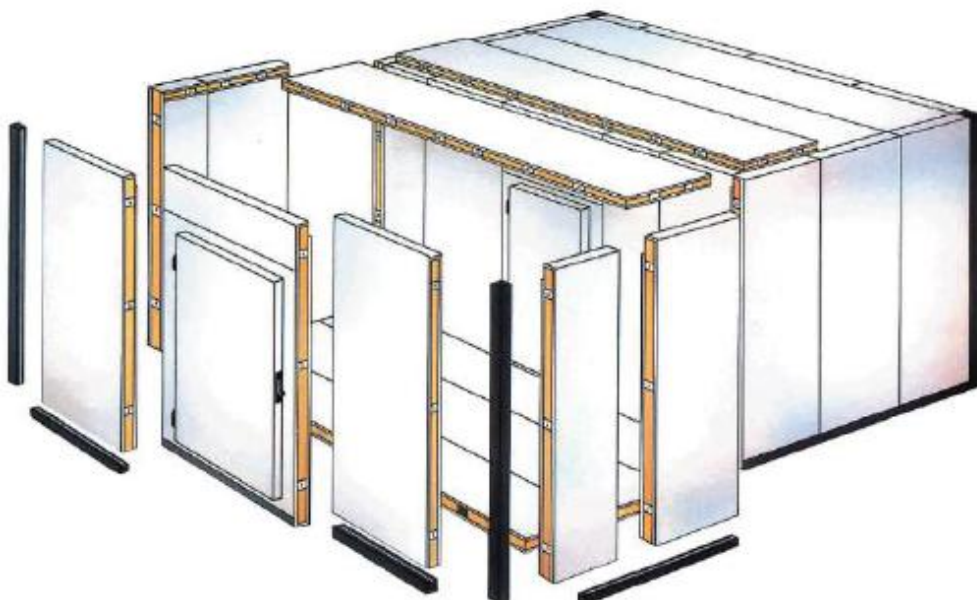
El rango de temperatura de la cámara ira desde 0°C hasta una temperatura máxima de 40°C.

3.3. CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA

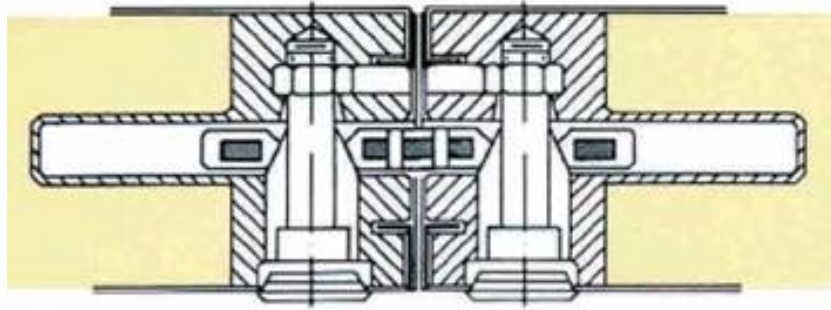
La cámara está construida basándose en paneles desmontables, prefabricados en chapa de acero galvanizado de bajo contenido en carbono pre lacado de poliéster de 25 micras color blanco.

Las dos chapas de acero llevan en el reborde un perfil esponjoso para lograr la perfecta estanqueidad. Cada panel está construido por dos gruesas chapas y unidas entre sí por el aislamiento formando un "sándwich".

El panel lleva en su periferia una serie de tacos de nylon, integrados en el poliuretano y las chapas llevan en todo su contorno, un doble plegado que aumenta la resistencia.



Detalle de la unión entre paneles



Las dimensiones serán:

<i>Largo</i>	<i>10 m</i>
<i>Ancho</i>	<i>5 m</i>
<i>Alto</i>	<i>3 m</i>
<i>Volumen</i>	<i>150 m³</i>

Interior de la cámara



3.4. MATERIALES DE LA CÁMARA

Los materiales aislantes utilizados en la industria frigorífica suelen estar constituidos por multitud de celdillas o células que contienen en su interior aire u otros gases en reposo, dando lugar a una conductividad térmica muy pequeña.

La utilización de estos materiales es esencial en las instalaciones frigoríficas, limitando considerablemente la entrada de calor y reduciendo los costes de instalación y funcionamiento de las mismas.

Los materiales aislantes se identifican en base a las características de conductividad térmica, densidad aparente, permeabilidad al vapor de agua, absorción de agua por volumen o peso, propiedades de resistencia mecánica a compresión y flexión, módulo de elasticidad, envejecimiento ante la presencia de humedad, calor y radiaciones, coeficiente de dilatación térmica y comportamiento frente a parásitos, agentes químicos y fuego.

Según norma, los distintos materiales aislantes se subdividen en las siguientes clases:

- **MIF** = *Materiales Inorgánicos Fibrosos (lana de roca, fibra de vidrio, amianto), para aplicaciones desde 0 °C hasta 650 °C, según el material.*
- **MIC** = *Materiales Inorgánicos Celulares (vidrio celular), para aplicaciones desde - 50 °C hasta 100 °C, en planchas rígidas.*
- **MIG** = *Materiales Inorgánicos Granulares (perlita, vermiculita, silicato cálcico).*
- **MOC** = *Materiales Orgánicos Celulares (corcho, polietileno, poliuretano, espumas elastoméricas y fenólicas), para aplicaciones desde - 50 °C hasta 100 °C.*
- **MRL** = *Materiales Reflectantes en Láminas enrollables (aluminio, acero, cobre). En particular, algunos de los materiales aislantes que se utilizan generalmente en el aislamiento térmico de cámaras frigoríficas son los siguientes:*
 - **Corcho** = *bien sea en aglomerado ($k = 0,039 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$), expandido ($k = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$) o en tableros ($k = 0,042 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$). Es el material más tradicional ya que, si se instala adecuadamente, se conserva bien durante largo tiempo. Tiene una buena resistencia mecánica, siendo adecuado para el aislamiento de suelos de cámaras frigoríficas.*
 - **Polietileno expandido** = ($k = 0,03 \text{ a } 0,057 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$). *Material sintético más moderno, más económico y de montaje más simple, es uno de los más utilizados en instalaciones frigoríficas. No debe utilizarse en el aislamiento de suelos, debido a su baja resistencia mecánica. Se suelen presentar en paneles de 1,20 x 0,60 m con espesores de 60, 120 o 140 mm, siendo los de 120 mm los más comunes.*

- **Espuma de poliuretano** ($k = 0,023 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$ para la mayoría de los tipos).

Material sintético económico y de fácil manejo. Puede obtenerse como espuma rígida (poliuretano conformado) o aplicarse en el momento (poliuretano aplicado *in situ*). Este último método ha sido muy utilizado, ya que la expansión puede realizarse en el interior del molde que se desea aislar. En la actualidad, los paneles prefabricados resultan más baratos y requieren menos mano de obra a la hora de colocarlos. Suele aplicarse únicamente en el intervalo de temperaturas entre -30°C y 70°C , por lo que no puede utilizarse en túneles de congelación con temperaturas muy bajas ni, por ejemplo, en tuberías de vapor.

- **Espuma sólida de vidrio** = (foamglas) o vidrio celular ($k = 0,044 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$).

Se presenta en bloques rígidos que permiten su utilización como elementos resistentes y de cerramiento, pudiendo ser utilizado en suelos y superficies cargadas. Esto abarata la obra civil de la cámara, ya que sustituye a los materiales tradicionales más su correspondiente aislamiento.

- **Fibra de vidrio** = lana de vidrio o lana mineral, cuya aplicación se limita a temperaturas superiores a 0°C . Se distinguen hasta seis tipos, dependiendo de su densidad (desde semirrígidos hasta rígidos), con conductividades entre $0,033 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$ y $0,044 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$. Si no se especifica el tipo, se toma un valor medio de conductividad de $0,035 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$.

- **Espuma rígida de polietileno extrusionado** = con conductividad $0,033 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$, que se comercializa en paneles de $1,25 \text{ m}$ por $0,60 \text{ m}$ y espesores de 30 mm , 40 mm y 50 mm , mecanizados a media madera para eliminar el puente térmico que se origina al unir unos con otros.

Materiales aislantes	Densidad (kg/m^3)	Conductividad térmica k
		$\text{W/m}\cdot\text{K}$
Aglomerado de corcho	110	0,039
Espuma elastomérica	60	0,034
Lana de vidrio Tipo I	10-18	0,044
Lana de vidrio Tipo II	19-30	0,037
Lana de vidrio Tipo III	31-45	0,034
Lana de vidrio Tipo IV	46-65	0,033
Lana de vidrio Tipo V	66-90	0,033
Lana de vidrio Tipo VI	91	0,036
Lana mineral Tipo I	30-50	0,042
Lana mineral Tipo II	51-70	0,040
Lana mineral Tipo III	71-90	0,038
Lana mineral Tipo IV	91-120	0,038
Lana mineral Tipo V	121-150	0,038
Perlita extendida	130	0,047
Poliéstereno expandido Tipo I	10	0,057
Poliéstereno expandido Tipo II	12	0,044
Poliéstereno expandido Tipo III	15	0,037
Poliéstereno expandido Tipo IV	20	0,034
Poliéstereno expandido Tipo V	25	0,033
Poliéstereno extrusionado	33	0,033
Polietileno reticulado	30	0,038
Polisocianurato, espuma de	35	0,026
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo I	32	0,023
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo II	35	0,023
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo III	40	0,023
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo IV	80	0,040
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo I	35	0,023
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo II	40	0,023
Poliuretano expandido (inyectado)	40	0,024
Urea formol, espuma de	10-12	0,034
	12-14	0,035
Vermiculita expandida	120	0,035
Vidrio celular	160	0,044

3.5. AISLANTE UTILIZADO

El aislamiento que utilizaremos es *poliuretano expandido*, situado entre las Chapas de acero galvanizado formando un panel tipo sándwich.

La inyección se hace estando el futuro panel encerrado en un molde y condicionado en temperatura, para evitar la variación de densidad en el producto a causas de las variaciones climáticas ambientales.

Se pretende que la temperatura del exterior (la del invernadero) y la del interior (camara) tengan la mínima variación posible en la temperatura de la cámara.



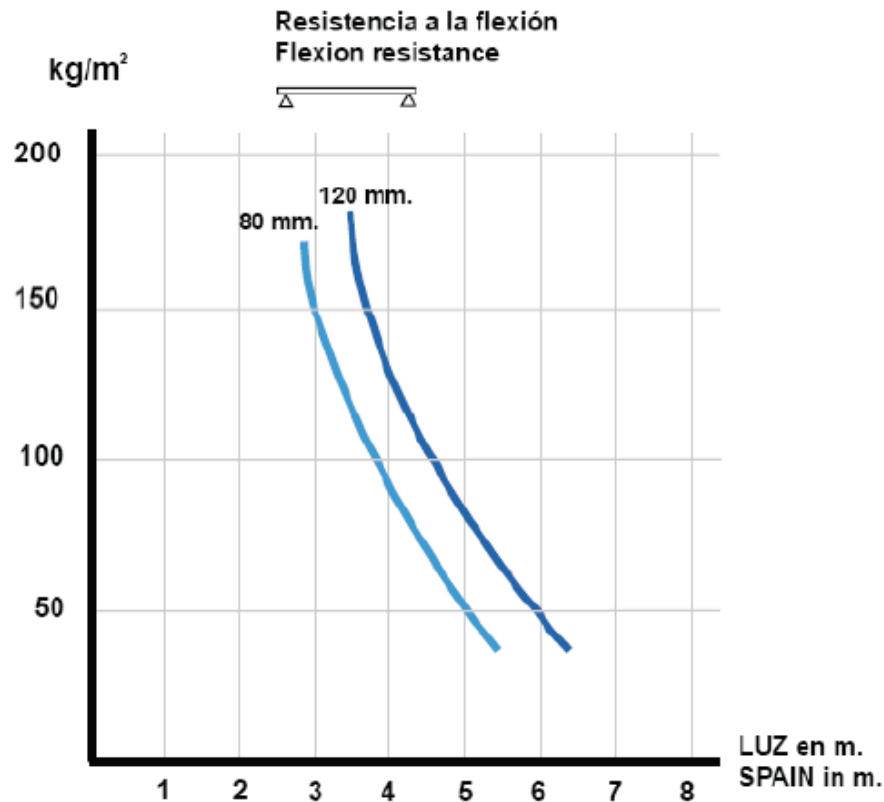
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Densidad = 40/42 kg/m³
- Conductividad k = 0,023 W/m·°C

Espesor Thickness		mm.	60	80	100	120	140	160	200
Coeficiente de transmisión kcal./Hm ² °C Transmission coefficient kcal./Hm ² °C	kcal./Hm ² °C		0,344	0,258	0,206	0,172	0,147	0,129	0,103
	W/m ² h°K		0,40	0,30	0,24	0,20	0,17	0,15	0,12
Peso por m ² (Densidad 40 kg./m ³) kg/m ² Weight per m ² (Density 40 kg./m ³) kg/m ²			13,44	14,07	14,90	15,70	16,50	17,34	19,00
Cargas en Kg/m ² (*) luz libre en m. Loads in Kg/m ² (*) free span in m.	2,32		164	242	323	405	487	568	648
	2,90		108	166	219	265	312	358	404
	3,77		60	97	124	151	178	205	232
	4,64		34	60	78	95	113	130	146
	5,51		19	37	51	63	75	88	100
	6,38		9	22	35	44	52	61	70
	7,25		-	10	21	30	37	45	52

Fijación de paneles exteriores: a estudiar en cada caso, en función del Δt (diferencial de temperatura) y acciones de vientos en cerramientos verticales.

* Carga uniforme para una flecha $f=L/240$



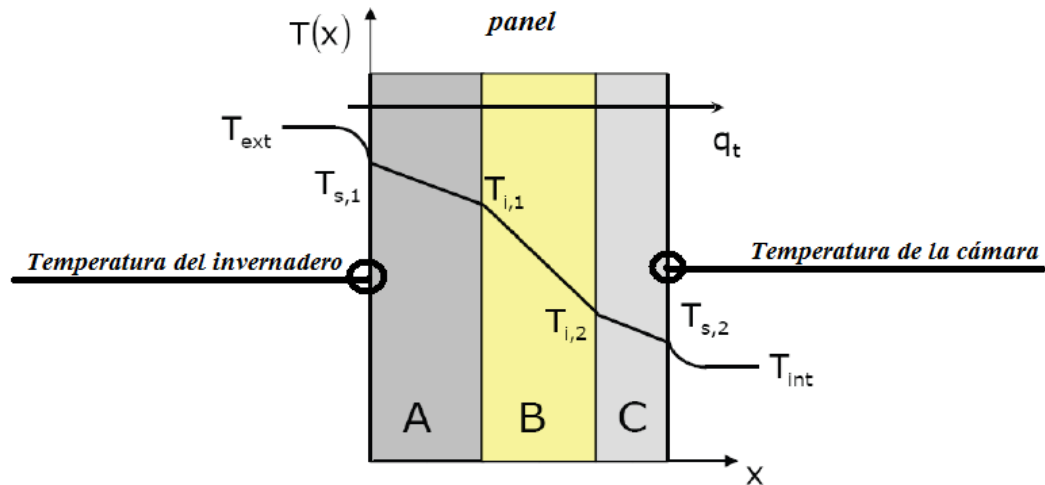
3.6. ESPESOR DEL AISLAMIENTO

El cálculo del espesor que tiene que tener la capa de aislante tiene una cierta importancia práctica.

Así, si la cámara se aísla deficientemente será necesario invertir en mejores equipos frigoríficos y aumentarán los gastos energéticos. Por el contrario, si se aísla en exceso la cámara de germinación y el consumo serán menores, pero aumentará el coste del aislamiento. Es necesario, por tanto, establecer un cierto equilibrio entre ambos extremos.

En principio, el espesor del aislante vendrá dado por el flujo de calor que exista, por la diferencia de temperaturas externa e interna, por la superficie a aislar, y por el tipo de aislante seleccionado.

En la práctica no suele conocerse el flujo de calor, por ello se recurre a ciertas reglas o normas prácticas. Así, por ejemplo, se suele estimar que el flujo de calor por unidad de superficie para un aislamiento en *cámaras de refrigeración* se sitúa entre 9 y 11 W/m², y en *cámara de congelados* entre 7 y 9 W/m².



$$q_t = \frac{(T_{ext} - T_{int})}{\sum R_t} = \frac{(T_{ext} - T_{int})}{\frac{1}{h_{ext} A} + \frac{e_A}{k_A A} + \frac{e_B}{k_B A} + \frac{e_C}{k_C A} + \frac{1}{h_{int} A}}$$

Coeficiente global de transferencia de calor

$$q_t = UA (T_{ext} - T_{int}) \quad U = \frac{1}{\frac{1}{h_{ext}} + \frac{e_A}{k_A} + \frac{e_B}{k_B} + \frac{e_C}{k_C} + \frac{1}{h_{int}}}$$

3.6.1 Metodología de cálculo

En una pared plana que separa dos fluidos, el calor pasa desde el fluido más caliente a temperatura t_{ext} , a la cara de la pared en contacto con el mismo, realizándose la transmisión por radiación y convección simultánea; por conductibilidad, el calor atraviesa la pared compuesta de varias capas y finalmente el calor pasa de esta segunda cara al fluido a temperatura inferior t_{int} , por convección y radiación simultánea.

* La cantidad de calor transmitida de un fluido a otro, vendrá dada por la expresión:

$$Q = U \cdot A \cdot (t_{ext} - t_{int})$$

* Q , Cantidad de calor transmitida en W

* U , Coeficiente global de transmisión de calor de la pared en $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

* A , Superficie de la pared en m^2 .

* t_{ext} , Temperatura del invernadero, en $^\circ C$.

* t_{int} , Temperatura interior de la cámara, en $^\circ C$.

* El flujo de calor será:

$$q = k \cdot (t_{ext} - t_{int})$$

* El coeficiente global viene dado por la expresión:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{h_e}$$

* **he**, Coeficiente superficial de transmisión de calor exterior, en $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

* **hi**, Coeficiente superficial de transmisión de calor, interior en $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

* **e**, Espesor de cada una de las distintas capas en metros.

* **k**, Coeficiente de conductividad térmica de cada capa en $\text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$.

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento					
	De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$	$1/h_i$	$1/h_e$	$1/h_i + 1/h_e$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^\circ$ y flujo horizontal	0,13 (0,11)	0,07 (0,06)	0,20 (0,17)	0,13 (0,11)	0,13 (0,11)	0,26 (0,22)
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,11 (0,09)	0,06 (0,05)	0,17 (0,14)	0,11 (0,09)	0,11 (0,09)	0,22 (0,18)
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,20 (0,17)	0,06 (0,05)	0,26 (0,22)	0,20 (0,17)	0,20 (0,17)	0,40 (0,34)

Resistencias térmicas superficiales en $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C/kcal}$
($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$)

Para la práctica se desprecia la convección y solo se tiene cuenta la resistencia ofrecida por el aislante.

En nuestro caso solo existe un material que forma el aislante térmico, el coeficiente de transferencia será:

$$\frac{1}{K} = \frac{e}{k}$$

De la unión de la expresión anterior obtenemos que el espesor del aislante será:

$$e = \frac{k \cdot (T_e - T_i)}{q}$$

Para calcular el e_{spesor} veremos la temperatura máxima y mínima de la cámara y la compararemos en el invierno y verano.

El caso más desfavorable será el cálculo del espesor.

<i>Invierno</i>	<i>Verano</i>
20 °C	37°C

<i>Mayor temperatura de germinación</i>	<i>Menor temperatura de germinación</i>
40 °C	4 °C

$$\begin{aligned} * \text{Invierno: } 20\text{ °C} - 4\text{ °C} &= 16\text{ °C} \\ 20\text{ °C} - 40\text{ °C} &= -20\text{ °C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} * \text{Verano: } 37\text{ °C} - 4\text{ °C} &= 33\text{ °C} \\ 37\text{ °C} - 40\text{ °C} &= -3\text{ °C} \end{aligned}$$

Los casos más desfavorables son:

- *Invierno* ($t_{\text{ext}} = 20\text{ °C}$ y la temp de cámara es 40 °C)
- *Verano* ($t_{\text{ext}} = 37\text{ °C}$ y la temp de cámara es 4 °C).

$$e = \frac{k \cdot (T_e - T_i)}{q}$$

$$\text{Invierno} = 0,057\text{ m}$$

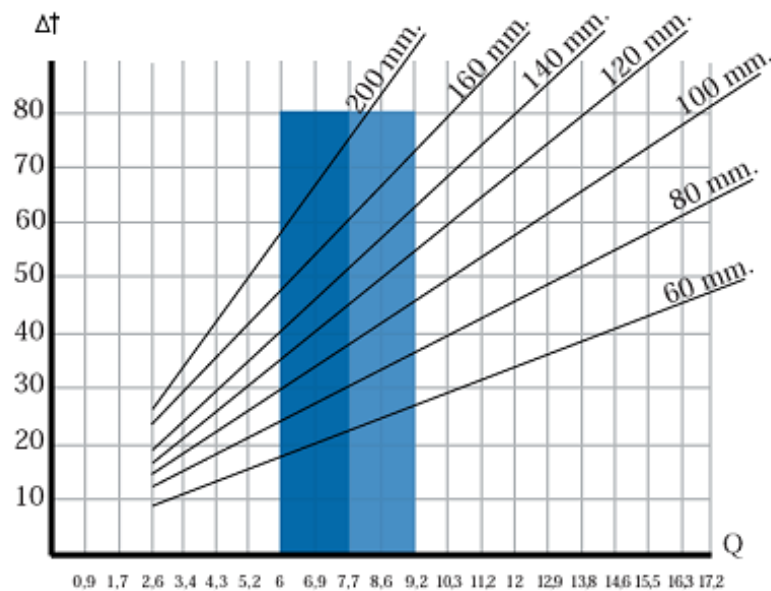
$$\text{Verano} = 0,094\text{ m}$$

Caso más desfavorable *Verano* = 0,094 m

Elegiremos un e_{spesor} de 100 mm

- un flujo máximo de calor a través de las paredes de 8 W/m^2
- aislamiento de poliuretano expandido con conductividad térmica $k = 0,023\text{ W/m}\cdot\text{°C}$,

SELECCIÓN DE ESPESORES



temperatura negativa
negative temperature

Q pérdidas kcal/hm²
loss kcal/hm²

temperatura positiva
positive temperature

Δt diferencia de temperatura °C
temperature difference °C

λ Coeficiente de conductividad térmica del poliuretano=0,020kcal/hm°C
(0,024W/°K)
Ensayo realizado en equipo que cumple la norma UNE 92.202-89
Thermal conductivity coefficient of the polyurethane=0,020kcal/hm°C
(0,024W/°K)
Test performed with system in compliance with UNE 92.202-89

Características de los paneles:

<i>Tipo de Panel</i>	<i>Poliuretano expandido, entre Chapas de acero galvanizado, tipo sándwich.</i>
<i>Espesor en (mm)</i>	100
<i>Conductividad térmica (W/m °C)</i>	0,023
<i>Densidad (kg/m³)</i>	40/42
<i>Precio (€/m²)</i>	99,60



3.7. AISLAMIENTO DEL SUELO

El aislamiento de los suelos de una cámara tiene una doble importancia. En primer lugar con aislamiento se reducen las pérdidas de calor al exterior, y en segundo lugar se evitan problemas de condensaciones en el forjado de la obra.

El aislamiento de suelo se puede hacer de dos formas:

- Colocar directamente sobre el suelo de obra civil paneles similares a los de techo y paredes.

Es un método sencillo, barato y rápido, sin necesidad de obra civil. Sin embargo la resistencia del suelo de panel de la cámara es limitada y no puede soportar grandes pesos.

- Colocar sobre el forjado planchas de poliuretano y sobre él echar hormigón hasta igualar el nivel del suelo de obra civil.

Es un método más costoso ya que requiere de obra civil, pero que sin embargo tiene las ventajas de que el suelo aguanta más peso y además está al nivel del suelo. El aislamiento está “camuflado” en el suelo de obra civil.

Cuando la cámara este asentada sobre el terreno a pesar del aislamiento debido, tendrá un sistema de evacuación del agua por medio de una rejilla para que no quede almacenarse agua en la cámara.

3.7.1 Temperatura del suelo

Suelo sobre terreno:

$$T^a \text{ del suelo} = 1/2 * T^a \text{ ambiente}$$

3.7.2 Recintos a aislar

La cámara de germinación es recomendable que lleven aislamiento de suelo, simplemente por la transmisión de calor.

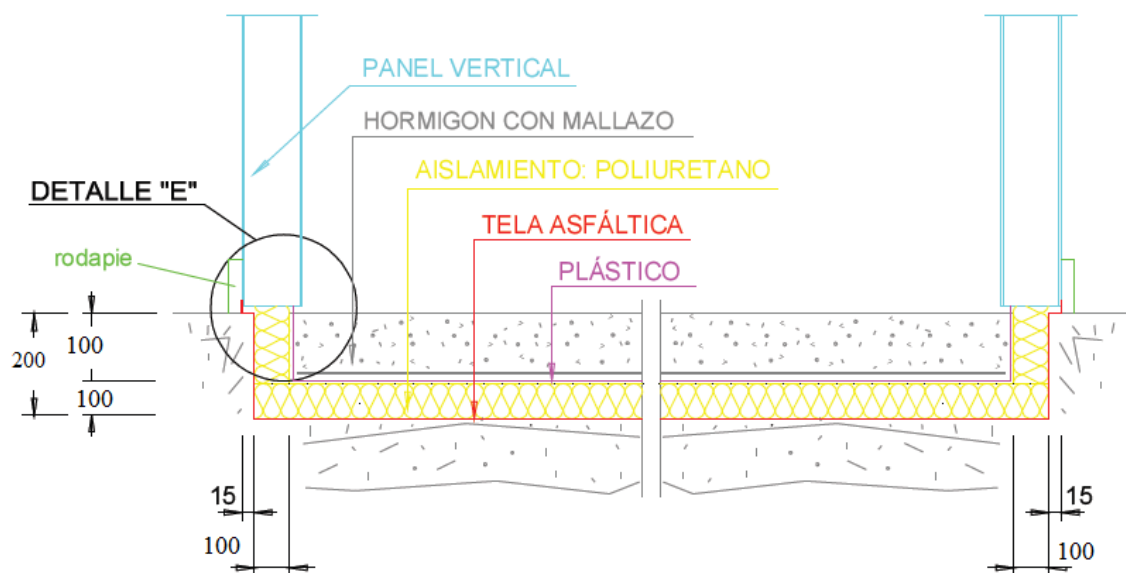
En el caso de que por debajo de la cámara este el terreno, no es necesario el aislamiento desde el punto de vista de la condensación. Sin embargo al haber terreno (tierra) entonces sí que sería imprescindible aislar el suelo para evitar las condensaciones al terreno (a la tierra).

3.7.3 Ejecución del aislamiento del suelo

El aislamiento del suelo que realizaremos será mediante placas de poliuretano expandido de conductividad térmica $k = 0,023 \text{ W/m}\cdot^\circ\text{C}$.

Para cámara se pondrá una capa de 100 mm de espesor.

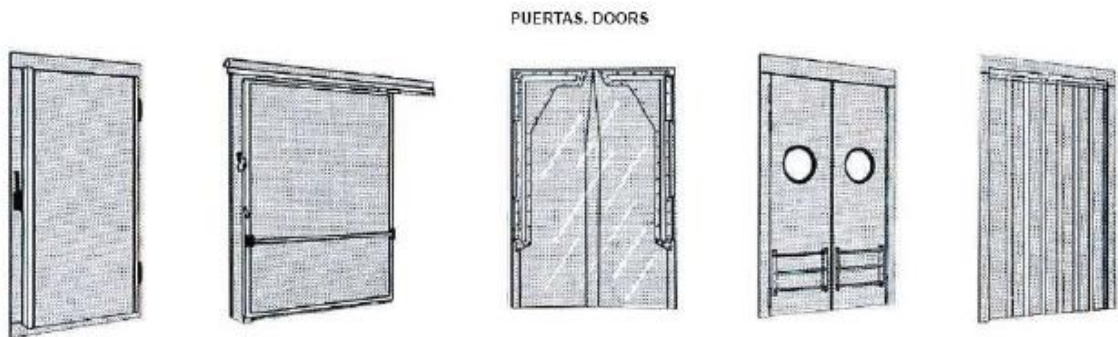
SECCIÓN DEL TIPO DE LA CÁMARA



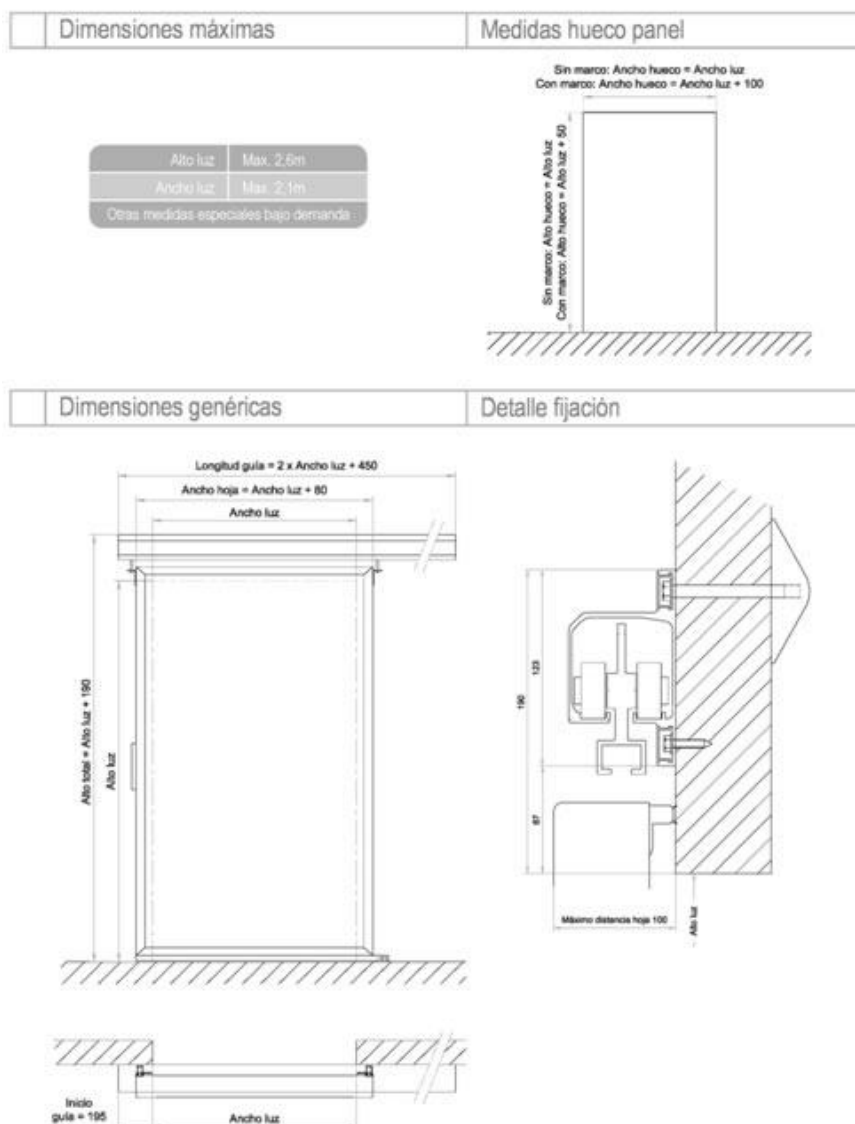
3.8. OTROS ELEMENTOS Y ACCESORIOS DE LAS CÁMARAS PUERTAS

Diferentes tipos de puertas (en orden de la figura):

- Pivotante
- Corredera
- De plástico
- Pivotante de apertura a ambos lados
- De lamas de plástico



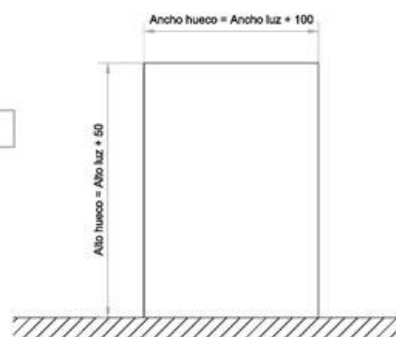
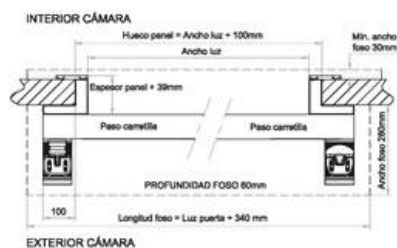
La solución adoptada: (Corredera ficha técnica)



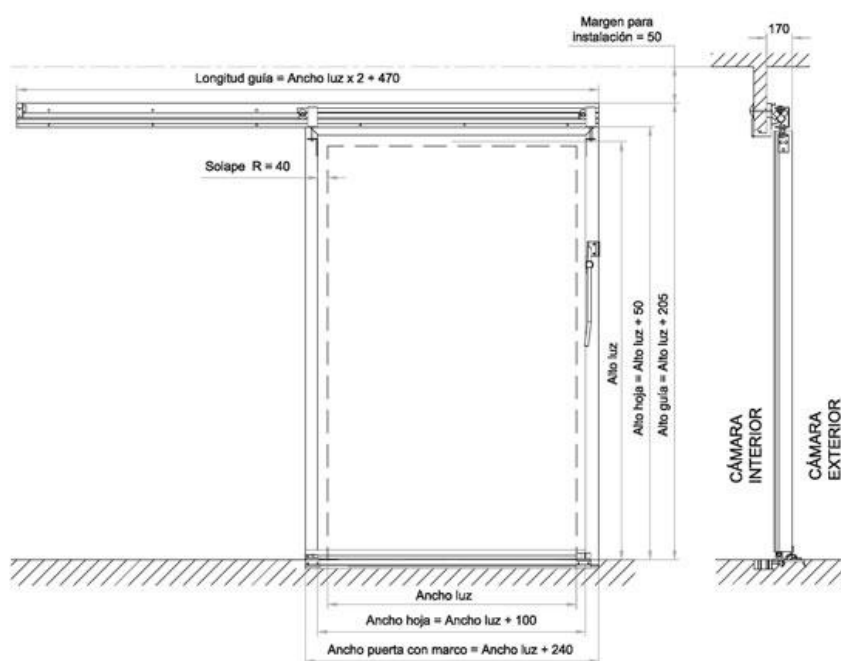
Dimensiones máximas	Medidas hueco panel
---------------------	---------------------

Alto luz	Max. 2.6m
Ancho luz	Max. 2m
Otras medidas especiales bajo demanda	

Dimensiones foso planta



Dimensiones genéricas



3.9. SUMIDERO EN EL SUELO

En la cámara se deberán colocar desagües en el suelo para evacuar el agua utilizada en la limpieza del suelo o paredes.

En función de las dimensiones de la cámara habrá un desagüe. El suelo de la cámara deberá hacer con una pequeña pendiente hacia el desagüe, para facilitar la tarea.

3.10. DESAGÜES DE EVAPORADORES

El evaporador debe tener un desagüe para el agua procedente del desescarche.

Este desagüe deberá transcurrir la menor distancia posible en el interior de la cámara. En la cámara estos desagües serán de PVC.

3.11. ILUMINACIÓN DE LA CÁMARA

Las cámaras dispondrán de iluminación interior mediante, tubos no fluorescentes. El interruptor estará situado en el exterior de la cámara junto a la puerta.



4. CALCULO DE LA CANTIDAD DE MASA (tierra de siembra, “turba”)

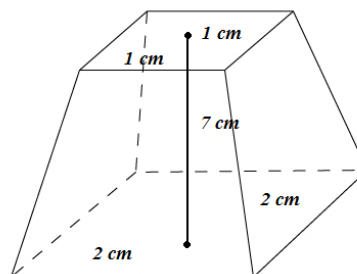
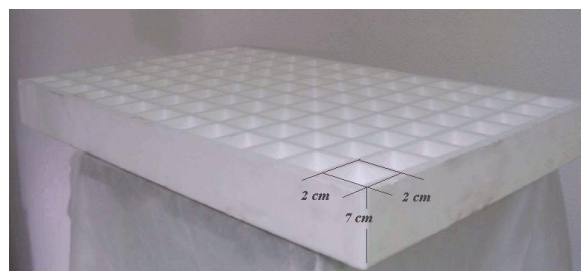
Para calcular la cantidad de masa “turba” que voy a tener que calentar dentro de la cámara, primero calculare la “turba” que hay en una bandeja de siembra de 294 alveolos.

- La bandeja a utilizar será esta de 294 alveolos



Dimensiones: (70cm de Largo, 43,5cm de Ancho, 7,5cm de Grosor de bandeja)

- El alveolo tiene esta forma dentro la bandeja, es un *tronco de pirámide*:



Dimensiones: (2x2 cm de base mayor, 1x1 cm de base menor, 7 cm de altura)

Cálculo el volumen con esta fórmula:

$$V = \frac{h}{3} (A + B + \sqrt{A \times B})$$

Siendo:

$h \rightarrow$ altura del tronco de la pirámide

$A \rightarrow$ área de la base mayor

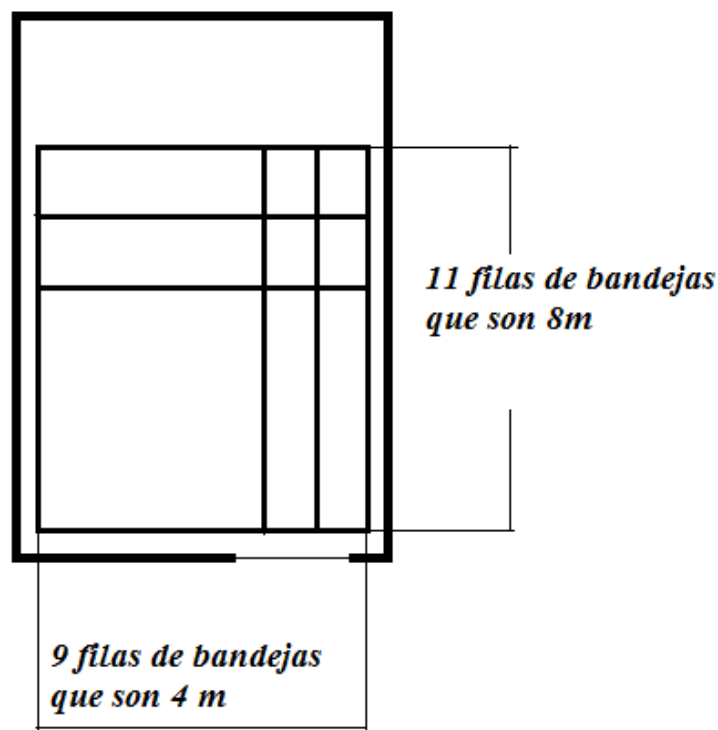
$B \rightarrow$ área de la base menor

$$V = 1,63 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ de "turba" que hay en 1 alveolo.}$$

como en una bandeja hay 294 alveolos \rightarrow
 $\rightarrow 1,63 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \times 294 = 4,80 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ de turba que hay en una bandeja.

Ahora cálculo las bandejas que van a entrar dentro de la cámara, para ello hago un plano de la cámara (*en planta*) y dibujo en qué posición irán colocadas.

Cámara de germinación



Las bandejas irán apilas en *Palets de plástico*, se apilarán una encima de otra hasta un total de 30 bandejas que harán un altura de 2,25m.

El número de bandejas que entran en la cámara será:

$$11 \text{ filas de bandejas de largo} \times 9 \text{ filas de bandejas de ancho} \times 30 \text{ bandejas cada torre de altura} = 2970 \text{ bandejas que caben en la cámara de germinación, (cámara llena).}$$



$$\text{Volumen total de "turba" que se va a calentar} \rightarrow 2970 \text{ bandejas} \times 4,80 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ de turba que hay en una bandeja} =$$

$$14,26 \text{ m}^3 \text{ de "turba"} = 2567,15 \text{ kg de turba (cámara llena)}$$

Cantidad de tierra que voy a tener que calentar.

5. CALCULO DE LA CARGA TÉRMICA

5.1. INTRODUCCIÓN

La metodología seguida en el cálculo de la carga térmica puede variar según la bibliografía, así como el orden de exposición y el nombre para definir los diferentes términos de tipo técnico. Todo y las aparentes discrepancias, no existen grandes diferencias en los resultados obtenidos según uno u otro método utilizado.

En consecuencia, intentaré exponer de forma clara y precisa el procedimiento realizado. La utilización de tablas y diagramas facilita el cálculo en gran medida, y obtenemos resultados muy precisos.

Por este motivo, evitaré la utilización de ecuaciones diferenciales de transferencia de calor, que pueden complicar en exceso el proceso de cálculo y que tampoco son utilizadas para este tipo de aplicaciones.

5.2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL CÁLCULO

5.2.1 Introducción

Carga térmica se define como la cantidad de energía térmica, en la unidad de tiempo (*potencia térmica*) que un edificio, o cualquier otro recinto cerrado, intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones higrotérmicas del interior y del exterior, considerando éstas, las exteriores, como las más desfavorables posible. El cálculo de estas cargas permite disponer los sistemas adecuados de calefacción o refrigeración para compensarlas. Este calor coincide con el calor que entra o que se genera dentro de la cámara frigorífica.

Son muchos los factores que intervienen, y es por este motivo que se distribuyen en apartados denominados “*partidas*”, cada una de estas partidas tiene en cuenta el calor introducido o generado por una causa concreta.

El cálculo de las necesidades frigoríficas de una cámara, es una operación rutinaria y que resulta repetitiva, ya que siempre intervienen los mismos datos y partidas.

Para los cálculos de la carga térmica, se utilizan una serie de ecuaciones matemáticas simples, cada una relacionada a las diferentes partidas existentes. También es necesario el uso de tablas, con el fin de simplificar el cálculo y obtener resultados de manera casi directa.

Teniendo en cuenta que los evaporadores necesitan un tiempo para realizar el desescarche, con lo que la potencia de la máquina deberá ser siempre superior a las pérdidas calculadas, que dependerán de su tiempo de funcionamiento.



5.2.2 Bases para el Cálculo

En la práctica, es habitual para las cámaras que utilizan temperaturas de refrigeración superiores a 0°C, una estimación de la duración horaria del grupo de frío en 16 horas por día. Teniendo 8 horas diarias para proceder al desescarche del evaporador, tiempo suficiente para realizarlo con éxito.

Para mantener el calor en una cámara y todo el material almacenado en su interior, utilizaremos Q , se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q = Q_{\text{productos}} + Q_{\text{otros}}$$

- $Q_{\text{productos}}$: Calor aportar para el proceso de germinación (*temperatura para que germine la semilla*), calor necesario para calentar la “*masa de tierra, TURBA*” que hay en las bandejas sembradas (*para nosotros la cámara llena de bandejas*).

- Q_{otros} : incluye entre otros los flujos de calor a través de los cerramientos de la cámara por transmisión de paredes, suelos y techos, la refrigeración del aire exterior que entra, la ventilación, las cargas térmicas debidas a los ventiladores, bombas, iluminación eléctrica, personas que manipulan los productos, etc.

Es habitual la práctica de aplicar un factor de seguridad aumentando en un 10%, para prever posibles variaciones de carga (calor del desescarche, infiltración de aire del exterior,...)

A consecuencia, hablaremos de una potencia total necesaria de:

$$Q_{\text{total}} = 1,10 \cdot Q$$

Como el calor generado en las 24 horas del día debe extraerse en un tiempo menor, en las t horas de funcionamiento diario, la potencia de la maquinaria NR deberá ser superior a la potencia Q_{total} calculada para extraer en las 24 horas.

Su valor será el siguiente:

$$N_R = Q_{\text{total}} \cdot 24 / t$$

- Q_{total} esta calcula como potencia en W .

5.2.3 Partidas de calor

Para optimizar las dimensiones y características técnicas del evaporador y de la instalación frigorífica en general es necesario considerar las siguientes partidas de calor.

Partidas correspondientes a **Q_{otros}** :

- * Flujo de calor a través de los cerramientos (Q_{p1}).
- * Entrada de aire exterior a la cámara (Q_{p2}).
- * Calor de los ventiladores del evaporador y otros motores (Q_{p3}).
- * Calor liberado por las personas (Q_{p4}).
- * Calor liberado por la iluminación (Q_{p5}).

Partidas correspondientes a **$Q_{\text{productos}}$** :

- * Conservación del producto (Q_{u1}).
- * Calentamiento del embalaje (Q_{u2}).

5.2.3.1 Flujo de calor a través de los cerramientos, Q_{p1}

La entrada de calor por paredes, techo y suelo de la cámara es inevitable, pero puede reducirse eficazmente con la disposición de material aislante en toda la superficie interior del espacio frío.

El cálculo del valor de esta partida debe hacerse para cada superficie por separado, sumándolas después. Consiguiendo de esta manera un resultado más exacto, excepto en el caso de que los valores de k y Δt de sean idénticos para todos los cerramientos de la cámara.

La tasa total de calor que entra en la cámara debido a los cerramientos, viene dada por la siguiente expresión:

$$Q_{p1} = K \cdot S \cdot \Delta t$$

- * Q_{p1} , tasa de calor en W según los datos.
- * K , coeficiente global de transmisión de calor de pared o techo, en $W / (m^2 \cdot K)$.
- * S , superficie de cada cerramiento en m^2 .
- * Δt , diferencia de temperatura entre el exterior e interior de la cámara.

Los valores usuales de k se pueden obtener por cálculo o bien utilizando tablas en las que se relacionan los materiales aislantes más comunes en estas aplicaciones, con los valores de k dependiendo de su espesor.

Definimos el flujo de calor que traspasa los cerramientos como:

$$q = Q_{p1} / S$$

Como recomendación del reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE), dependiendo del tipo de cámara (conservación), se consideran admisibles los siguientes valores:

$$q = 8 \text{ W/m}^2, \text{ cámaras de conservación}$$



De esta manera, podemos encontrar fácilmente el calor de transferencia:

$$Q_{p1} = q \cdot S$$

Y posteriormente el coeficiente de transmisión:

$$K' = q / \Delta t$$

Podemos expresar Δt como:

$$\Delta t = t_{ext} - t_{int} + t'$$

* t_{ext} , temperatura exterior de diseño.

* t_{int} , temperatura interior de diseño.

* t' , factor de los rayos solares sobre las paredes de la cámara.

El valor que se utiliza para los cálculos como *temperatura exterior* de diseño, lo obtenemos según las características geográficas del terreno: latitud, altitud,... Este dato es de fácil acceso mediante tablas geográficas.

Como es lógico, la *temperatura interior* de diseño viene dada por las necesidades térmicas necesarias, según el tipo de producto, el tiempo de almacenaje, etc.

El suplemento de *temperatura* t' trata de compensar el efecto del sol sobre las paredes, que provocan una mayor pérdida de calor.

(El suplemento solo se aplica en aquellas paredes que formen parte del cerramiento exterior del local, y que reciben una incidencia directa de radiación, en nuestro caso no será necesario ya que la cámara no recibe una incidencia directa).

5.2.3.2 Entrada de aire exterior a la cámara, Q_{p2}

En el recinto refrigerado debe existir ventilación suficiente para sustituir periódicamente el aire viciado por aire fresco. Esta ventilación se realiza principalmente con el uso de la puerta de la cámara.

Para el cálculo de esta partida es necesario hacer una estimación de las condiciones de temperatura y humedad relativa del exterior, para poder calcular su entalpía, ya que la expresión que se aplica es:

$$Q_{p2} = n \cdot V \cdot \Delta h$$

* Q_{p2} , potencia enfriamiento aire de renovación, en kJ/día.

* n , número de renovaciones de aire por día.

* V , volumen interior de la cámara, en m^3 .

* Δh , diferencias de entalpías entre el aire del exterior e interior de la cámara, en kJ/m^3 .

En la siguiente tabla podemos observar los valores normalmente utilizados para cámaras negativas y para cámaras positivas (por encima de 0°C), en función de su volumen.

Volumen (m ³)	Renovaciones por día (n/d)		Volumen (m ³)	Renovaciones por día (n/d)	
	Temp <0°C	Temp >0°C		Temp <0°C	Temp >0°C
2,5	52	70	100	6,8	9
3	47	63	150	5,4	7
4	40	53	200	4,6	6
5	35	47	250	4,1	5,3
7,5	28	38	300	3,7	4,8
10	24	32	400	3,1	4,1
15	19	26	500	2,8	3,6
20	16,5	22	600	2,5	3,2
25	14,5	19,5	800	2,1	2,8
30	13,0	17,5	1.000	1,9	2,4
40	11,5	15,0	1.500	1,5	1,95
50	10,0	13,0	2.000	1,3	1,65
60	9,0	12,0	2.500	1,1	1,45
80	7,7	10,0	3.000	1,05	1,05

El rectángulo rojo será nuestro caso.

La entalpía del aire (h) podemos calcularla si sabemos la temperatura (t) y su humedad absoluta (W), que podemos extraer fácilmente del diagrama psicométrico del aire húmedo. La entalpía será:

$$h = C_{pa} \cdot t + W \cdot (L_o + C_{pw} \cdot t)$$

- * C_{pa} , es calor específico del aire seco, (1,004kJ/kg °C).
- * t , es la temperatura del aire en °C.
- * L_o , es el calor latente de ebullición a 0°C, (2.500,6kJ/kg).
- * C_{pw} , es el calor específico del vapor de agua, (1,86 kJ/kg °C).
- * W , es la humedad absoluta en kg vapor / kg aire seco.

5.2.3.3 Calor aportado por motores, Q_{p3}

Es el calor debido al trabajo de los motores y las máquinas en el espacio frío. El más típico es el calor causado por los motores de los ventiladores del evaporador, pero también se deben contar, por ejemplo, los motores de carretillas elevadoras y, en suma, cualquier máquina que desarrolle su trabajo dentro de la cámara.

La expresión que se aplica es la siguiente:

$$Q_{p3} = 0,2 \cdot \sum (N \cdot f) \cdot 360$$

- * N , es la potencia de cada motor en kW.
- * f , es el tiempo de funcionamiento en horas.
- * 360 , es el factor de conversión de horas a segundos.
- * $0,2$ es el factor que considera que un 20% de la potencia del motor se transforma en calor.

5.2.3.4 Calor aportado por las personas, Q_{p4}

El personal que almacena o manipula productos en una cámara frigorífica aporta calor, sobre todo si realiza un trabajo intenso.

$$Q_{p4} = (q \cdot n \cdot t) / 24$$

- * q , calor emitido por persona (W).
- * n , es el número de personas.
- * t , tiempo de permanencia en horas/día.

El calor emitido por persona aumenta a medida que disminuye la temperatura, como se puede apreciar en la tabla siguiente:

<i>Temperatura de la cámara (°C)</i>	<i>Potencia liberada por persona (W)</i>
40	30
35	60
30	90
25	120
20	150
15	180
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330

5.2.3.5 Calor liberado por la iluminación, Q_{p5}

Las lámparas de incandescencia invierten una parte de la potencia consumida en producir calor. Los fluorescentes, a causa de la potencia reactiva, producen un 30% más, por lo que no suelen utilizarse.

Si no se sabe con precisión la potencia eléctrica dedicada a la iluminación, ésta puede determinarse según criterios estandarizados. Lo usual es prever dos niveles de iluminación diferentes para zona de almacenaje y zona de trabajo, en el caso de que hubiese dos zonas.

Estos valores son respectivamente, de 12 y 27 W/m².

$$Q_{p5} = N_{iluminación} \cdot (t/24) \cdot f$$

- * $N_{iluminación}$, potencia de iluminación en W.
- * t , tiempo de funcionamiento de la iluminación en horas.
- * f , si la iluminación es mediante fluorescentes debe multiplicarse por 1,25.

5.2.3.6 Conservación de los productos (calor necesario para calentar la “masa de tierra, TURBA), Q_{u1}

Esta partida contempla el calentamiento del producto desde la temperatura de entrada en la cámara hasta la temperatura final, temperatura de germinado.

La expresión a utilizar es la siguiente:

$$Q_{u1} = Cp \cdot m \cdot (T_f - T_e)$$

- * Cp , calor específico, expresado en (kJ/kg K).
- * m , masa de tierra “turba” introducida en kg.
- * T_e , temperatura del producto al entrar en la cámara en °C ó Kelvin.
- * T_f , temperatura del producto para la germinación °C ó Kelvin.

5.2.3.7 Calentamiento del embalaje, Q_{u2}

Esta partida contabiliza el calor empleado en aumentar la temperatura de los envoltorios o envases en que se almacena el producto (en nuestro caso será las bandejas de corcho y los palets de plástico).

El embalaje del producto debe tenerse en cuenta especialmente cuando constituye una parte importante de la mercancía.

La expresión que nos permite calcular esta partida es:

$$Q_{u2} = Ce \cdot m_e \cdot (T_f - T_e)$$

- * Ce , calor específico del material o del embalaje en (kJ/kg K).
- * m_e , masa del embalaje en kg.
- * T_e , temperatura del producto al entrar en la cámara en °C.
- * T_f , temperatura alcanzada para la germinación en °C.

5.2.4 Calor total de respiración y potencia de la máquina de frío

Una vez obtenidas las partidas parciales, la carga total y la potencia de la maquinaria se calcularán con las ecuaciones descritas en el inicio del capítulo.

$$Q_{\text{productos}} = Q_{u1} + Q_{u2}$$

$$Q_{\text{otros}} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5}$$

$$*Q = Q_{\text{productos}} + Q_{\text{otros}}$$

$$N_R = *Q_{\text{total}} \cdot (24/t)$$

5.3. PROCESOS DE CÁLCULO

5.3.1 Necesidades y características de la instalación

Como hemos comentado, la instalación está destinada a la germinación de semillas en las bandejas sembradas. Para la germinación de los diferentes tipos de semillas se requiere una temperatura aproximada de unos $23,5^{\circ}\text{C}$, para que la cámara tenga las necesidades energéticas cubiertas haremos el cálculo para una temperatura de 40°C que será el caso más desfavorable.

Para poder iniciar el proceso de cálculo, debemos establecer unas características básicas de nuestra instalación, las clasificaremos:

- * Humedad y temperatura de diseño.
- * Flujo de mercancía y condiciones de entrada.
- * Propiedades del producto.

5.3.1.1 Humedad y Temperatura del Diseño

Si consultamos la tabla de temperatura de germinación de las semillas necesitamos una humedad relativa entre el 70-80%.

Respecto a la temperatura, como ya hemos dicho anteriormente será de 40°C .

- * Temperatura interior de germinado (t_{int}) = 40°C .
- * Humedad relativa interior de diseño (ϕ_{int}) = 70%.

5.3.1.2 Flujo de Mercancía y condiciones de entrada

La instalación frigorífica debe ser capaz de absorber la carga térmica que supone calentar la turba (tierra donde germina la semilla). Por este motivo, es de vital importancia conocer la cantidad de entrada de mercancía y en las condiciones térmicas que se hacen.

Teniendo en cuenta que el producto que almacenaremos tiene un plazo máximo de almacenaje de 10 días para el caso más desfavorable.

En este caso, el flujo de entrada sería:

* Cantidad de material a la cámara (turba, tierra donde germina la semilla) $\rightarrow m_{turba}$
(m_{turba}) = 2567,15 kg /cámara llena, día.

La cantidad de palets y de cajas (bandejas de siembra), que acompañan al producto se realizará mediante una aproximación en forma de porcentaje sobre la masa total del producto.

La cantidad de masa del embalaje (bandejas de siembra) será del 5% de la masa del producto, mientras que los palets representarán el 10% de masa respecto el total de la mercancía.

La entrada a la cámara de palets y embalaje será el siguiente:

* Cantidad entrada de palets ($m_{ent. palets}$) = 10% de 2567,15 kg
 $\rightarrow 256,71$ Kg/ cámara llena, día.

* Cantidad de entrada de embalaje (bandejas de siembra) ($m_{ent. bandejas}$) =
= 5% de 2567,15 kg $\rightarrow 128,35$ kg/cámara llena, día.

El producto antes de ser almacenado en la cámara, pasa de la temperatura ambiente a una temperatura de 40°C, la más desfavorable.

Es muy difícil establecer con certeza cuales son las temperaturas de entrada a la cámara. Después de varias consultas, todos coinciden con las siguientes suposiciones:

- * La turba sufre un recalentamiento hasta una temperatura de 40°C.
- * El embalaje (bandejas de siembra) al estar en contacto directo con el ambiente padece un recalentamiento mayor, 15°C.
- * Los palets padecen un recalentamiento de 20°C, es el elemento más vulnerable.

5.3.1.3 Propiedades de la mercancía

De las propiedades de las mercancías, los datos que son de interés para nuestro cálculo son: el calor específico para la germinación, del corcho de las bandejas y del plástico de los palets.

Propiedades térmicas de los Materiales

Material	Densidad (kg/m³)	Calor específico (J/(kg·K))	Conductividad térmica (W/(m·K))	Difusividad térmica (m²/s)(x10⁻⁶)
Agua	1000	4186	0,58	0,139
Aire	1,2	1000	0,026	21,67
Corcho Expandido	120	-	0,036	-
Espuma Poliuretano	40	1674	0,029	0,433
Plástico	980	1800	0,5	0,1

En la tabla siguiente tenemos un resumen de los datos establecidos para poder iniciar el proceso de cálculo. También encontramos las propiedades del aire, obtenidas a partir del diagrama psicrométrico del aire.

Datos	Símbolo	Valor	Unidades
Temperatura exterior	t_{ext}	20	°C
Temperatura interior	t_{int}	40	°C
Humedad interior relativa	ϕ_{int}	70	%
Superficie en planta	S_T	50	m ²
Volumen de cámara	V_c	150	m ³
Capacidad de carga	$m_{carga\ total}$	6121	kg
masa bandejas	$m_{bandejas}$	1782	kg
masa palets	m_{palets}	1386	kg
cantidad de material a la cámara	m_{turba}	2567,15	Kg/cámara llena
cantidad de entrada de embalaje	$m_{ment.\ bandejas}$	128,35	Kg/cámara llena
cantidad entrada de palets	$m_{ment.\ palets}$	256,71	Kg/cámara llena
Temperatura entrada de turba	$T_{ea.}$	40	°C
Temperatura entrada embalaje	$T_{ee.}$	15	°C

5.3.2 Cambio de unidades

Para las diferentes partidas de calor (Q), trabajaré en kcal/día y utilizaré las siguientes equivalencias para el cambio de unidades:

- * 1 kcal = 1000 cal = 4187 J
- * 1 cal = 4,187 J
- * 1kJ = 0,24 kcal.
- * 1kcal = 4,187 kJ.
- * 1W = 20,736 kcal/día.
- * 1W = J/seg.

5.3.3 Flujo de Calor a través de los cerramientos, Q_{p1}

Respecto al incremento de temperatura, solamente intervienen las temperaturas interior y exterior. El parámetro t' tiene valor nulo, debido a que no existen cerramientos en contacto con los rayos de sol.

$$Q_{p1} = K \cdot S \cdot \Delta t$$

$$Q_{p1} = 0,111 \text{ W/m}^2 \text{ K} \cdot 183,75 \text{ m}^2 \cdot (310,15 - 277,15) \text{ K} = 673,076 \text{ W} = \mathbf{0,67 \text{ kW}}$$

5.3.4 Entrada de aire exterior a la cámara, Q_{p2}

El número de renovaciones por día viene dado en función del volumen de la cámara, según la tabla:

- * $n = 7$ ren/día.

Primero calcularemos las entalpías del aire interior, usando los valores de la tabla:

$$h = C_{pa} \cdot t + W \cdot (L_o + C_{pw} \cdot t)$$

$$h_{int} = 1,004 \cdot (40) + (4,7 \times 10^{-4}) \cdot (2501 + 1,86 \cdot (40)) = \mathbf{41,37 \text{ kJ/kg}}$$

La potencia necesaria para contrarrestar la entrada de calor, será:

$$Q_{p2} = n \cdot V \cdot \Delta h \cdot \rho$$

$$Q_{p2} = (7 / 24 \cdot 3600) \cdot (150 \text{ m}^3) \cdot (41,37) \cdot 1,2 = \mathbf{0,60 \text{ kW}}$$

5.3.5 Calor aportado por los motores, Q_{p3}

Podemos considerar que la potencia del ventilador es de 1000W, y que trabajan durante 16 horas. Debemos tener en cuenta también la aportación de calor debido al transpalet eléctrico, teniendo éste una potencia de 900W. Funcionará un máximo de 4 horas al día.

$$Q_{p3} = 0,2 \cdot \sum (N \cdot f) \cdot 3600$$

$$Q_{p3} = 0,2 \cdot (1 \cdot 16) \cdot 3600 + 0,2 \cdot (0,9 \cdot 4) \cdot 3600 = 14112 \text{ W} = \mathbf{14,11 \text{ kW}}$$

5.3.6 Calor aportado por las personas, Q_{p4}

Existirá una persona en la cámara durante 4 horas, tiempo de funcionamiento del transpalet eléctrico. Siendo este también el tiempo que se mantendrán encendidos la iluminación. La potencia que desprende una persona a 40°C, según la tabla, es de 30W.

$$Q_{p4} = (q \cdot n \cdot t)$$

$$Q_{p4} = 1 \cdot 0,03 \cdot 4 = 0,12 \text{ kW}$$

5.3.7 Calor aportado por la iluminación, Q_{p5}

Tomaremos como valor de intensidad lumínica (i) = 12 W/m², y un tipo de luces no fluorescentes. Consideraremos que las luces estarán encendidas un máximo de 4 horas al día. Por lo tanto, la potencia y la carga térmica de iluminación serán:

$$N_{\text{iluminación}} = i \cdot S_t$$

$$N_{\text{iluminación}} = 12 \text{ W/m}^2 \cdot 50 \text{ m}^2 = 0,6 \text{ kW}$$

$$Q_{p5} = N_{\text{iluminación}} \cdot (t/24) \cdot f$$

$$Q_{p5} = 0,6 \cdot (4/24) \cdot 1 = 0,1 \text{ kW}$$

En concepto de calor aportado por otras fuentes, tendremos:

$$Q_{\text{otros}} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5}$$

$$Q_{\text{otros}} = 0,67 \text{ kW} + 0,60 \text{ kW} + 14,11 \text{ kW} + 0,12 \text{ kW} + 0,1 \text{ kW} = 15,60 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{otros}} = 15,60 \text{ kW}$$

5.3.8 Calentamiento de la mercancía (calentamiento de la turba), Q_{u1}

El calor necesario para aumentar la temperatura de la turba, desde la temperatura de entrada hasta la temperatura deseada para la germinación.

$$Q_{u1} = C_p \cdot m_{\text{turba}} \cdot (T_f - T_e)$$

$$Q_{u1} = 1,046 \text{ (kJ/kg K)} \cdot 2567,15 \text{ kg} \cdot (313,15 - 293,15) \text{ K} = 53704,76 \text{ kJ}$$

16h de funcionamiento → 57600 seg.

$$Q_{u1} = 53704,76 \text{ kJ} / 57600 \text{ seg.} = 0,93 \text{ kW}$$

5.3.9 Calentamiento del embalaje, Q_{u2}

En este apartado calcularemos el calor liberado por el embalaje (bandejas) y por los palets.

$$Q_{u2} = C_p \cdot m \cdot (T_f - T_e)$$

$$Q_{u2} = C_{p \text{ bandejas}} \cdot m_{\text{bandejas}} \cdot (T_f - T_e) + C_{p \text{ palets}} \cdot m_{\text{palets}} \cdot (T_f - T_e)$$

$$Q_{u2} = 1,46 \text{ (kJ/kg } ^\circ\text{C)} \cdot 0,6 \text{ kg} \cdot (40-20) ^\circ\text{C} + 2,3 \text{ kJ /kg } ^\circ\text{C} \cdot 14 \text{ kg} \cdot (40-20) ^\circ\text{C} = 661,52 \text{ kJ}$$

16h de funcionamiento \rightarrow 57600 seg.

$$Q_{u2} = 661,52 \text{ kJ} / 57600 \text{ seg.} = \mathbf{0,011 \text{ kW}}$$

En concepto de calor de producto tendremos:

$$Q_{\text{productos}} = Q_{u1} + Q_{u2}$$

$$Q_{\text{productos}} = 0,93 \text{ kW} + 0,011 \text{ kW} = \mathbf{0,94 \text{ kW}}$$

$$Q_{\text{productos}} = \mathbf{0,94 \text{ kW}}$$

5.3.10 Carga de refrigeración total

La carga total Q_{Total} será:

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{productos}} + Q_{\text{otros}}$$

$$Q_{\text{Total}} = 15,60 + 0,94 = \mathbf{16,54 \text{ kW}}$$

$$Q_{\text{Total}} = \mathbf{16,54 \text{ kW}}$$

A continuación, le aplicaremos a Q_{Total} un factor de seguridad:

$$* Q_{\text{Total}} = 1,10 \cdot 16,54 = \mathbf{18,20 \text{ kW}}$$

Teniendo en cuenta que el evaporador funcionará 16 horas al día, la potencia de la máquina debe ser:

$$N_R = Q_{\text{total}} \cdot (24 / t)$$

$$N_R = 18,20 \text{ kW} \cdot (24 / 16) = \mathbf{27,30 \text{ kW}}$$

$$N_R = \mathbf{27,30 \text{ kW}}$$



En la tabla siguiente son presentados los resultados obtenidos para las diferentes partidas o cargas térmicas, así como las totales. El último valor de la tabla será utilizado para la selección del evaporador.

<i>Partida de Calor</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Carga Térmica kW</i>
<i>Calor a través de los cerramientos</i>	Q_{p1}	0,67
<i>Calor de aire exterior a la cámara</i>	Q_{p2}	0,60
<i>Calor de los ventiladores del evaporador y otros motores</i>	Q_{p3}	14,11
<i>Calor liberado por las personas</i>	Q_{p4}	0,12
<i>Calor liberado por la iluminación</i>	Q_{p5}	0,1
<i>Calor en otras fuentes</i>	Q_{otros}	15,60
<i>Calor conservación del producto</i>	Q_{u1}	0,93
<i>Calor del calentamiento del embalaje</i>	Q_{u2}	0,011
<i>Calor producto</i>	$Q_{\text{productos}}$	0,94
<i>Calor total (aplicado factor de seguridad 10%)</i>	$* Q_{\text{Total}}$	18,20
<i>Potencia necesaria para la instalación.</i>	N_R	27,30



6. COMPRESOR

6.1. INTRODUCCIÓN

El compresor es el elemento activo del circuito de refrigeración. Cumple dos funciones: reducir la presión en el evaporador hasta que el líquido refrigerante evapora a la temperatura fijada, y mantiene esta presión retirando los vapores y elevando la temperatura del medio condensado.

Por lo tanto, el trabajo del compresor consiste en aspirar los vapores del fluido refrigerante, comprimirlos y descargarlos en el condensador.

Los tipos de compresores más utilizados e refrigeración son:

- * Alternativos.
- * De tornillo o helicoidales.
- * Rotativos.
- * Centrífugos.

Los tres primeros son de desplazamiento positivo, es decir, en ellos el fluido refrigerante es sometido a una verdadera compresión mecánica a través de elementos que realizan una compresión realizando una reducción volumétrica.

Todos los compresores de este tipo, para aumentar la presión del gas, admiten una determinada cantidad de éste en un volumen determinado y a continuación reducen el volumen de la cámara.

La disminución del volumen de gas, hace que la presión de éste aumente.

Los compresores centrífugos son de desplazamiento cinético, ya que realizan la compresión mediante la fuerza centrífuga que se ejerce sobre el fluido refrigerante por la rotación de un rodillo que gira a gran velocidad.

Los compresores más utilizados en el campo de la refrigeración son los alternativos y los de tornillo. Los demás tipos de compresores quedan fuera de nuestras opciones para este proyecto, debido a su escasa aplicación.

En este apartado, explicaré el funcionamiento y las características de los dos primeros grupos. Por su poca importancia en el sector de la industria, no describiré los otros dos tipos de compresores (rotativos y centrífugos).

6.2. COMPRESOR ALTERNATIVO

Este tipo de compresor puede ser de simple o de doble efecto, según la compresión del fluido se realice en un solo lado del pistón o en los dos. El más utilizado es el de simple efecto.

6.2.1 Elementos del compresor alternativo

Los elementos básicos de todo compresor alternativo son:

* **Bloque:** Soporta todos los elementos del compresor, fijos como móviles. En la parte superior se encuentra la culata y en la inferior, el cárter.

* **Cárter:** Es el espacio comprendido entre el cigüeñal y el fondo del bloque. Destinado a almacenar el aceite de lubricación.

* **Cilindro:** Espacio donde está alojado el pistón. En el interior, éste se desplaza en un movimiento rectilíneo alternativo. En compresores de mediana y gran potencia el cilindro va revestido con una camisa.

Pieza cilíndrica de acero, que en caso de desgaste puede ser rectificada o sustituida.

* **Pistón:** Elemento que desplazándose por el interior del cilindro, provoca la aspiración, compresión y descarga del fluido refrigerante.

Suele tener alojados unos anillos o segmentos, que pueden ser:

-Segmentos de engrase: Permiten la lubricación del cilindro y en el movimiento arrastran el aceite del cárter.

-Segmentos de compresión: Impiden que el fluido refrigerante se escape por los espacios que hay entre el pistón y el cilindro, hacia la parte inferior del bloque.

* **Biela:** La biela es el elemento que une el pistón con el cigüeñal.

Transforma el movimiento circular del cigüeñal en rectilíneo alternativo del pistón. Debe de ser resistente y ligera.

* **Cigüeñal:** Su disposición y forma depende del número de cilindros.

Está formado por un número determinado de muñequillas, que tienen en sus respectivos lados unos contrapesos, para obtener un correcto equilibrado.

* **Culata:** Cierra el cilindro por la parte superior. En ella se alojan las válvulas de descarga y aspiración. Al estar sometida a una elevada temperatura, debe de estar refrigerada o bien por aire o por agua.

* **Válvulas de descarga y aspiración:** Se encargan de comunicar el interior del cilindro con los conductos de aspiración y descarga.

* **Válvula de seguridad interna:** Independientemente de los sistemas de seguridad que pueda tener la instalación, el compresor lleva incorporada unas válvulas de seguridad internas, que ponen en comunicación la descarga del compresor con la aspiración en el caso de existir presiones muy elevadas.



6.2.2 Terminología

Deberemos de definir una serie de conceptos previos, para así entender de forma correcta el funcionamiento de un compresor.

* **PMS o punto muerto superior:** Es el punto más próximo del pistón a la culata, es el punto más alto.

* **PMI o punto muerto inferior:** Es el punto más bajo al que llega el pistón.

* **Carrera:** Distancia entre el PMS y PMI. Se corresponde con un ángulo de giro de 180° en el cigüeñal.

* **Espacio neutro, V_e :** Es el espacio comprendido entre el pistón y la culata, cuando éste se encuentra en el PMS. Tiene una gran importancia en el rendimiento del compresor, y este espacio es creado para evitar que el pistón, en su carrera ascendente llegue a chocar con la culata, incluyendo las dilataciones que padecen los materiales, ya que están sometidos a altas temperaturas.

* **Aspiración:** Se produce en la carrera descendente del pistón. Es la admisión del fluido en el interior del cilindro.

* **Compresión:** Es producido en la carrera ascendente del pistón e inmediatamente después se produce la descarga, que consiste en la impulsión del fluido refrigerante hacia el conducto de descarga.

* **Volumen desplazado del pistón, V_d :** Es el comprendido entre el PMI y el PMS que desplaza el pistón durante su carrera.

* **Volumen total del cilindro, V_t :** Es el comprendido entre el pistón cuando se encuentra en el PMI y la culata.

$$V_t = V_e + V_d$$

* **Potencia efectiva, P_e :** Es la potencia que debe de suministrar el motor eléctrico, para que el compresor trabaje en las condiciones previstas.

La potencia efectiva siempre será superior a la potencia indicada.

$$P_e > P_i$$

* **Rendimiento mecánico, η_m :** Es el valor que contempla las pérdidas de origen mecánico (cojinetes, rozamientos...). Es la relación entre las dos potencias.

$$\eta_m = P_i / P_e$$



6.2.3 Funcionamiento

Para facilitar su comprensión, describiré a continuación como se produce el cierre y apertura de las válvulas en relación con el movimiento del pistón.

* Carrera descendente: Cuando el pistón inicia la carrera descendente hacia el PMI, crea en el interior del cilindro una depresión que implica, que en su interior la presión sea inferior a la existente en la parte superior de la válvula, es decir, la del conducto de aspiración, con lo que la válvula de aspiración se abre y el fluido refrigerante entra en el cilindro.

* El fluido entra al cilindro hasta que se igualan las dos presiones, que en teoría debería de ser en igual cantidad a la del volumen del cilindro, pero realmente, como podremos ver a continuación, existen una serie de factores que impiden que sea tal cantidad.

* La válvula de descarga estará cerrada por la alta presión existente en el conducto de descarga, mientras el pistón se acerca al PMI y la válvula de aspiración sigue abierta.

* Entonces, cuando el pistón llega al PMI, la válvula de aspiración está abierta y la de descarga cerrada. El cigüeñal a girado 180°.

* Carrera ascendente: Después de llegar el pistón al PMI, inicia su carrera ascendente, y la válvula de aspiración se cierra. La presión en el interior del cilindro es superior a la existente en el conducto de aspiración. Con las dos válvulas cerradas, se inicia la compresión del fluido, y se produce:

- Una disminución del volumen
- Un aumento de la presión y de la temperatura, hasta que la presión alcanza un valor superior a la del taraje de la válvula.

* Una vez el pistón alcanza el PMS, se vuelve a iniciar el ciclo. El cigüeñal a girado 360°. Cada ciclo es realizado en una vuelta completa del cigüeñal.

6.2.4 Lubricación

Es uno de los aspectos más importantes del compresor, y como consecuencia de la instalación. El tipo de lubricación utilizada es forzada, a través de una bomba que es accionada por el propio compresor.

Anteriormente comenté que a través de los anillos de engrase, el aceite es impulsado hacia la camisa. Esta es una de las partes que recibe aceite dentro del sistema de lubricación, pero en el compresor existen otros componentes que también necesitan ser lubricados, como el cigüeñal, cojinetes de bancada, cojinetes de biela, etc.



6.3. COMPRESOR DE TORNILLOS

Los compresores de tornillo, también conocidos con el nombre de compresores helicoidales, son diferentes en su construcción y funcionamiento a los alternativos.

6.3.1 *Funcionamiento*

En este tipo de compresores, la compresión del fluido es realizada de forma continua. Está formado por dos rotores denominados primario y secundario, montados en ambos extremos por unos cojinetes, que aseguran la posición exacta en el interior del compresor.

El rotor primario, es accionado directamente por el motor eléctrico y gira a la misma velocidad que éste.

Mediante un sistema de rodamientos, el rotor primario transmite el movimiento al secundario, que gira a menor velocidad y en sentido contrario.

Entre los dos rotores existe una separación muy pequeña, es decir, no están en contacto entre sí.

Al girar los dos rotores dentro de la cavidad del compresor y debido a la pequeña separación, se producen las oberturas de espacios en la zona de aspiración, que con el giro van disminuyendo, con lo que el fluido se comprime hacia el otro extremo del rotor, donde se produce la descarga del compresor.

Indicar que este tipo de compresor no lleva plato de válvulas y que la regulación de su capacidad varía desde un 10 hasta el 100% de la producción total.

En la actualidad, los compresores de tornillo no solamente son compresores abiertos, sino que también existen herméticos y semiherméticos.

6.3.2 *Importancia del Aceite*

Los compresores de tornillo, llevan grandes separadores de aceite. El aceite es inyectado a lo largo de todo el rotor para así obtener una correcta lubricación y sellado al mismo tiempo, facilitando la compresión del fluido.

Como consecuencia de la alta temperatura que alcanza el aceite, a la salida del separador y antes de volver al compresor, el aceite suele pasar por un intercambiador, que según las características de la instalación, puede utilizarse aire, agua, o el mismo refrigerante.

Los factores que determinan la necesidad de enfriar el aceite, son las condiciones de trabajo como: temperatura de condensación, temperatura de evaporación, o temperatura de descarga.

Es muy importante controlar la temperatura del aceite, ya que tiene gran repercusión sobre el rendimiento del compresor, por lo que deben de seguirse las instrucciones del fabricante al respecto.



6.4. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPRESORES, SEGÚN SU CONSTRUCCIÓN

Según el tipo de construcción del compresor, puede ser: abierto, hermético o semihermético.

6.4.1 *Compresor abierto*

Este tipo de compresor es el más antiguo. Destacaban por sus grandes dimensiones y su bajo número de revoluciones en funcionamiento, como consecuencia de unos cilindros de grandes dimensiones.

El motor eléctrico, está separado del circuito frigorífico. Como ventaja, ofrece el poder utilizar cualquier tipo de motor eléctrico.

Su principal desventaja radica en su cerramiento. Un cerramiento hermético entre las partes móviles es prácticamente imposible, y las fugas de refrigerante son inevitables, al igual que con el aceite.

6.4.2 *Compresor hermético*

Son especialmente utilizados en refrigeradores domésticos y equipos de tipo comercial, pues son de dimensiones reducidas y poco ruidosos, motivo de gran atracción para este tipo de usos.

La característica principal radica en que el compresor y el motor están herméticamente cerrados en una carcasa de acero de diferentes formas, por lo que no es necesario un cerramiento mecánico como en el caso de los compresores abiertos.

Pueden funcionar a un número alto de revoluciones, y como consecuencia de ello obtenemos unos cilindros de dimensiones menores.

Permiten la refrigeración del motor a través del gas de aspiración, obteniendo una reducción considerable en el tamaño del motor. Pero como inconveniente, el gas se calienta, y en aumentar su temperatura aumenta su volumen, provocando una disminución en la capacidad de refrigeración.

Otra desventaja es que no pueden ser reparados, debido a que están cerrados. Están limitados respecto a temperatura y presión de trabajo, y su aplicación se limita a equipos de baja potencia.



6.4.3 Compresor semihermético

A diferencia de los compresores herméticos, estos se pueden desmontar para ser reparados. El motor es relativamente fácil de extraer y las reparaciones se pueden realizar fácilmente a pie de obra por personal cualificado. Respecto a su tipo de construcción, son más robustos que los herméticos.

El engrasado en compresores de pequeño tamaño, es realizado mediante barboteo. Sin embargo, los compresores de gran tamaño, disponen de una bomba acoplada a su eje.

No se garantiza la estanqueidad total, por lo que existe el riesgo de fugas. Al igual que en los compresores herméticos, si el motor eléctrico se quema, contamina el sistema frigorífico.

6.5. CONTROL DE LA CAPACIDAD

Generalmente, es seleccionado un compresor con una capacidad de desplazamiento adecuado para poder alcanzar la máxima carga de refrigeración del sistema.

En la mayoría de las aplicaciones, la carga fluctúa en mayor o menor grado. Por ejemplo, en las cámaras de refrigeración y conservación, durante la primera fase hace falta enfriar el producto.

Una vez que haya alcanzado la temperatura deseada, la carga térmica se mantendrá para sostener la temperatura deseada dentro de la cámara.

Las consecuencias de no realizar algún método de regulación de la carga, son las siguientes: cuando las necesidades frigoríficas disminuyen, el depósito de control del flujo del evaporador reduce su caudal másico de refrigerante, no obstante, siendo el compresor un dispositivo de desplazamiento constante, bombea un volumen de gas constante.

Esto quiere decir, que al entrar en la aspiración una cantidad menor de masa de gas, bajan la presión y temperatura. Si baja la temperatura del espacio o producto, se pueden alcanzar niveles de conservación inaceptables.

Mientras que una caída de presión da por resultado que la temperatura de evaporación caiga a un nivel donde es posible la formación de hielo, con lo que disminuimos la capacidad de transferencia de calor, haciendo disminuir el rendimiento del equipo.

Existen diferentes métodos para controlar la capacidad del compresor, escogeremos el que mejor funcione para cada aplicación.

El reducir la capacidad, no implica necesariamente una reducción en el consumo de energía. Existen métodos en los que si se manifiesta un descenso del consumo, mientras que hay otros que no.

Todos los métodos de control de la capacidad del compresor funcionan a través de la reducción del refrigerante comprimido y enviado al condensador.



Los métodos utilizados mayoritariamente en el control de la capacidad de un compresor son:

- * Control de parada y puesta en marcha.
- * Variación de la velocidad.
- * Descarga de cilindros.
- * Desviación del gas caliente.

6.5.1 Control de parada y puesta en marcha

Consiste en parar y arrancar el compresor según sea necesario. Este método sólo se utiliza cuando se trata de compresores pequeños y cuando la carga parcial no es muy ligera ni muy frecuente.

Si el sistema es bastante grande como para tener más de un compresor, la operación de un número de compresores en secuencia puede ser considerada como una variación del control de parada y puesta en marcha.

Esto no es más que el principio del funcionamiento de un sistema centralizado. El control está basado o bien mediante presostatos o termostatos.

6.5.2 Variación de la velocidad

Consiste en variar la velocidad de giro del compresor, con la consecuencia directa de obtener una variación del volumen desplazado. Es un método interesante, pues como consecuencia de variar la carga del compresor, conseguimos una disminución de la potencia y de energía consumida.

A la práctica se utiliza poco este método. El inconveniente principal es que el funcionamiento a velocidades de rotación muy lentas puede dar lugar a una mala lubricación del compresor, provocando daños irreparables.

Actualmente, se dispone de armarios de regulación de velocidad, y gracias a éste sistema más complejo, el cual estudiando los parámetros de entrada, obliga al compresor a girar a las revoluciones óptimas. El inconveniente es que este sistema es muy costoso.

6.5.3 Descarga de cilindros

Es el método más utilizado para regular la capacidad de los compresores alternativos con cilindros múltiples. Consiste en dejar fuera de servicio uno o más cilindros.

Se efectúa gracias a la derivación del gas de aspiración, mediante by-pass en la línea de aspiración o bien mantener abierta la válvula de aspiración en el cilindro.

Ambas formas están reguladas automáticamente por la acción de un fluido a presión, puede ser aceite o refrigerante a alta presión.

El funcionamiento es el siguiente: cuando la presión de aspiración desciende por debajo del valor indicado, se abre una válvula solenoide activada por un control de presión que permite la descarga de uno o más cilindros. Cuando la presión de aspiración aumenta, la válvula de solenoide es desactivada y el compresor vuelve a funcionar a plena carga.



Es un sistema simple y cómodo, sobre todo si el compresor fue diseñado para trabajar con un regulador de capacidad. Su eficiencia es muy constante, y no se produce casi recalentamiento del fluido refrigerante.

Su principal inconveniente radica en la reducción del coeficiente de potencia del motor eléctrico.

Desde el punto de vista energético, es un método de control relativamente económico, pero no totalmente libre de fugas.

La regulación de la capacidad por elevación de la válvula de aspiración puede comportar un cierto peligro para el compresor, debido al equilibrio de fuerzas en el cigüeñal.

Por este motivo, debe de existir siempre un mínimo de cilindros en funcionamiento, según indique el fabricante y el compresor no debe funcionar largos periodos ininterrumpidos a capacidad reducida.

6.5.4 Derivación del gas caliente

Está basado en la desviación del gas de descarga hacia la entrada del evaporador o a la línea de aspiración. El funcionamiento del primer caso es el siguiente: una válvula de desviación de gas caliente se abre, respondiendo a una reducción de presión en la aspiración.

Cuando se desvía gas caliente a la entrada del evaporador, la válvula de expansión termostática que alimenta refrigerante al evaporador responde a su control, introduciendo más refrigerante. La cantidad de flujo y la temperatura de aspiración permanecen, prácticamente constantes.

El retorno de aceite se mantiene y no se produce un recalentamiento excesivo del compresor. Debido a que el compresor siempre comprime la misma cantidad de gas. La demanda energética se mantiene constante aunque la carga sea parcial.

Si el evaporador se encuentra muy alejado del condensador o si el sistema tiene evaporadores múltiples, la desviación hacia la entrada de cada evaporador sería muy costosa, debido a la longitud de la tubería y a la cantidad necesaria de válvulas.

Para este tipo de situaciones, la solución adoptada es, la desviación hacia la línea de aspiración. Este método sí que puede producir un recalentamiento excesivo del compresor.

Para evitar este efecto se inyecta una pequeña cantidad de líquido a la entrada de la línea de aspiración cuando sea necesario, a través de una válvula de expansión que disminuye el recalentamiento.

El método de desviación de gas caliente se usa generalmente en sistemas de arranque en condiciones de descarga. Reduciendo el par motor de arrancada, así como la corriente eléctrica de entrada.



6.6. RENDIMIENTO DEL COMPRESOR

La capacidad de refrigeración y la potencia del compresor son dos de las características más importantes de funcionamiento.

Estas dos características de un compresor que funcionan a una velocidad constante, están controladas principalmente por las presiones de admisión y de descarga.

Las pérdidas de potencia en el compresor, son consecuencia de los siguientes factores:

- * Expansión de vapor en el espacio muerto.
- * Pérdidas por intercambio de calor del vapor con las paredes del cilindro.
- * Pérdidas debido al flujo de vapor a través de válvulas.

La suma de estas pérdidas descritas, son la diferencia entre el consumo real y el teórico.

Los factores directos que influyen en la capacidad y potencia del compresor, son los siguientes:

- * Velocidad del compresor: la capacidad de un compresor es incrementada en aumentar su velocidad de giro, pero en un grado inferior a la potencia requerida.
- * Presión de aspiración: la capacidad de un compresor se ve reducida a medida que disminuye la presión de aspiración.
- * Presión de descarga: el efecto de refrigeración disminuye por un aumento de la presión de condensación.
- * Fugas a través de las válvulas o pistones.

6.7. SELECCIÓN DEL COMPRESOR

Normalmente, las instalaciones que trabajan con potencias medias y altas, lo hacen con compresores de tornillo. Su coste es superior a los compresores alternativos, pero también es mejor su eficiencia.

Para la instalación que diseñaremos, el sobre coste generado por la implantación de un compresor de tornillo, se verá compensado con un ahorro energético importante.

La casa alemana *Bitzer*, es una de la más importante en la fabricación de compresores a nivel internacional.

La selección es un compresor de tornillo abierto, que funciona en una sola etapa de compresión, y que puede instalarse un economizador de forma opcional, para aumentar así su rendimiento.

El mismo fabricante pone a nuestra disposición un programa informático (*BITZER* software 6.3), para así facilitar la selección del compresor.

Deberemos introducir en el menú principal el tipo de máquina que queremos. En nuestro caso, *compresor abierto de tornillo*. En el menú de selección introduciremos los datos

referentes al ciclo que usaremos, es decir: fluido frigorífico de trabajo, potencia frigorífica o temperatura de diseño de trabajo.

Una vez rellenado todos los campos, presionamos sobre el icono “calcular” y el programa nos mostrará en pantalla las características técnicas de los compresores que más se ajustan a nuestras necesidades.

6.7.1 Datos para la selección del compresor

En la siguiente tabla se muestran los datos utilizados para la selección del compresor, que han sido introducidos en la aplicación informática de la casa *Bitzer*.


<i>Fluido frigorífico.</i>	<i>R-404A</i>
<i>Potencia frigorífica.</i>	<i>30 kW</i>
<i>Temperatura de evaporación.</i>	<i>5°C</i>
<i>Temperatura de condensación.</i>	<i>50°C</i>
<i>Recalentamiento aspiración.</i>	<i>5°C</i>
<i>Economizador.</i>	<i>Si</i>
<i>Velocidad de giro.</i>	<i>2.900 rpm</i>
<i>Temperatura descarga.</i>	<i>80 °C</i>

6.7.2 Datos del compresor seleccionado

A continuación aparecen las características de los dos compresores que más se ajustan, según es software.

En el caso del compresor, no hace falta la elección del compresor de mayor potencia, pues el factor de simultaneidad y el coeficiente de seguridad, nos garantiza que la elección del primer compresor es la adecuada.

Además, como se puede apreciar en el diagrama los límites de aplicación del compresor, el de mayor potencia se encuentra fuera de los límites de aplicación.



BITZER Software v6.4.0 rev1076

20/01/2014 / Todos los datos son susceptibles de cambio

4 / 6

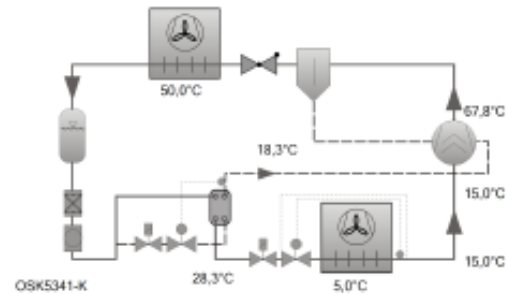
Selección del Compresor: Compresores de Tornillo Abiertos OS

Valores de entrada

Potencia frigorífica	30,0 kW
Refrigerante	R404A
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rodo
Temp. de evaporación	5,00 °C
Temp. de condensación	50,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	0 K
Auto. subcooling	Auto
Recalentamiento de gas aspirado	10,00 K
Modo de funcionamiento	Economizador
Velocidad	2900 /min
Recalentamiento útil	10,00 K
Enfriamiento adicional	Automático
Máx. temp. gas de descarga	80,0 °C

Resultado

Compresor	OSK5341-K
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	95,6 kW
Potencia frigorífica *	99,0 kW
Potencia en el evap.	95,6 kW
Potencia en el eje	28,7 kW
Capacidad del condensador	122,7 kW
COP/EER	3,33
COP/EER *	3,42
Caudal másico BP	2517 kg/h
Caudal másico AP	3347 kg/h
Modo de funcionamiento	Economizador
Temp. del líquido (se)	28,3 °C
Caudal másico ECO	830 kg/h
Potencia subenfriador	24,9 kW
Temp. Saturada ECO	18,26 °C
Presión ECO	10,38 bar(a)
Caudal aceite	1,01 m³/h
Motor necesario	37,0 kW
Temp. Gas de descarga no enfriado	67,8 °C



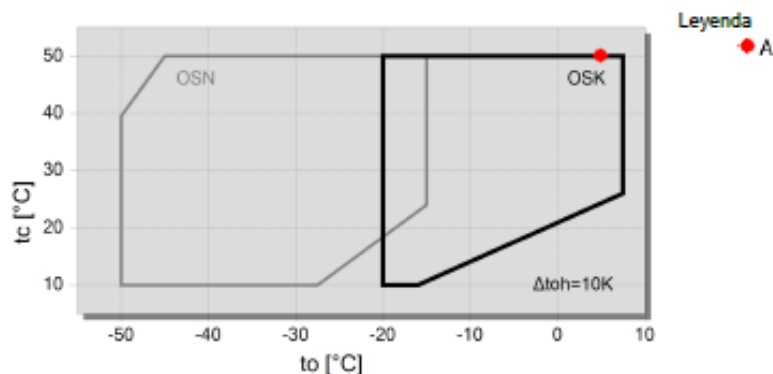
Menor modelo disponible de compresor

Temperatura del gas de descarga como mínimo 20K (36°F) por encima de la temperatura de condensación.

Punto de inicio para selección de motor ver Datos Técnicos / Notas

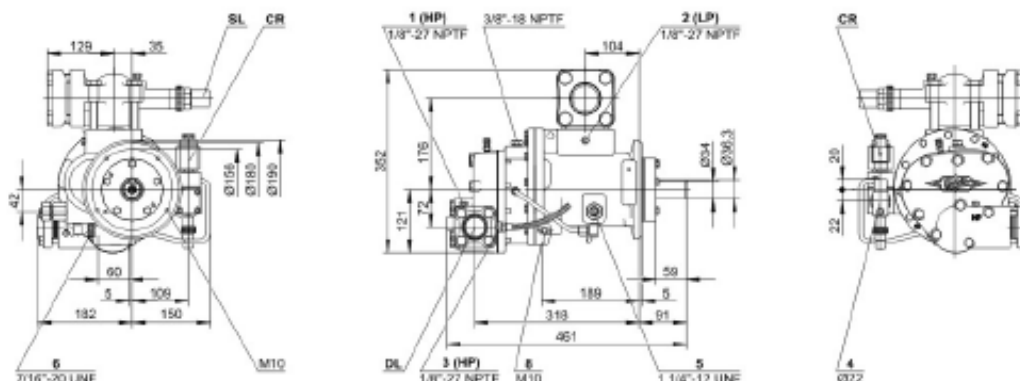
*según EN12900 (10K recalentamiento gas aspirado, Líquido subenfriado en el Economizador con 5K de Dt)

Límites de aplicación ECO



Datos técnicos: OSK5341-K

Dimensiones y conexiones



Datos técnicos

Informaciones técnicas

Volumen desplazado (2900 RPM 50Hz)	84 m³/h
Volumen desplazado (3500 RPM 60Hz)	101 m³/h
Potencia máx. absorbida	31,0 kW
Rango de velocidades autorizadas	1450 .. 4500 min-1
Sentido de rotación (Compresor)	rechts / clockwise
Peso	65 kg
Presión máxima (BP/AP)	19 / 28 bar
Conexión línea aspiración	54 mm - 2 1/8"
Conexión línea aspiración (NH3)	DN 50
Conexión línea descarga	42 mm - 1 5/8"
Conexión línea descarga (NH3)	DN 40
Tipo de aceite R22	B150SH, B100 (Option)
Aceite para R134a/R404A/R507	BSE170 (Option)

Estándar de entrega

Válvula de aspiración	Standard
Válvula de alivio	Standard
Retención incorporada	Standard
Kit inyección de aceite	Standard
Filtro de aceite integrado	Standard
Protección motor	SE-B2
Sensor de temperatura del gas comprimido	Standard
Visor	Standard
Carga de gas neutro	Standard

Opciones disponibles

Control de caudal de aceite	Option
Válvula de descarga	Option
Conexión ECO con válvula de cierre	Option
Adaptador/ Válvula de cierre para ECO	22 mm - 7/8" (Option)
Brida fijación - alineación	Option
Arranque en vacío	Option
Regulación de capacidad	100-75% (Option)

Compresores de Tornillo Abiertos OS

OSK = Aplicación para climatización y refrigeración normal

OSN = Aplicación para refrigeración a baja temperatura

Referencias a los límites de aplicación (véase "Datos técnicos - Límites"):

- Diagramas son válidos para el modo de operación estándar y para condiciones de carga plena.
- Operación con carga parcial es limitada en caso de presiones altas. (véase los límites de aplicación en el manual de proyecto SH-500/SH-510)
- En caso de una operación con Economizador, la temperatura de evaporación máxima admisible es menos 10 K (de no ser así, hay peligro de sobrecompresión y sobrecarga del motor por un mayor flujo másico). En caso de un enfriamiento de altas temperaturas de evaporación, la alimentación de ECO debe ser cerrada hasta que la temperatura baja por debajo de la temperatura de evaporación máxima admisible y alcanza una operación estable (p.ej. control de la válvula magnética ECO por un presostato de baja presión). El uso del sistema ECO en caso de temperaturas de evaporación más altas requiere una coordinación individual con Bitzer.

OS53..OS74:

- La regulación de potencia con operación simultánea en modo ECO es limitada a una etapa de regulación (CR 75 %). En caso de CR 50 % se tiene que cerrar la alimentación ECO.
- Una operación combinada (ECO + CR 50 %) es posible en ciertas condiciones. El control y el tipo del sistema requieren una coordinación individual con Bitzer.

Dimensionamiento del motor:

El motor requerido es dimensionado para condiciones de arranque directo así como el arranque de estrella triángulo o arranque con arrollamiento fraccionado con descarga durante el arranque (válvula de derivación y de retención). Las condiciones del arranque se orientan en los siguientes puntos de trabajo o en el límite máximo de aplicación del compresor respectivamente. Si la temperatura de evaporación y de condensación de su planta es más alta durante el arranque, es necesario un dimensionamiento individual del motor.

Temperaturas máximas de evaporación para el dimensionamiento del motor:

HH H M L

R134a +20°C +12,5°C -5°C --

R404A/ R507A +7,5°C -5°C -20°C

R22 +12,5°C -5°C -20°C

R407C +12,5°C -5°C --

NH3 +15°C +10°C -5°C --

Los datos del motor indicados se refieren a motores IEC con un momento mínimo durante el arranque de 90% del par máximo. Además, se tiene que alcanzar por lo menos los siguientes momentos de arranque (para el arranque directo): Compresores abiertos de tornillo: 120%

Si su motor seleccionado no cumple estos criterios, también es necesario un dimensionamiento individual.

Leyenda y posición de las "Dimensiones":

- 1 Conexión de Alta Presión (HP)
- 2 Conexión de baja presión (LP)
- 3 Sensor de temperatura del gas de descarga (HP)
- 4 Economizador / inyección de líquido
- 5 Inyección de aceite
- 6 Conexión de la presión de aceite
- 7 Tapón para el vaciado de aceite (cáster del motor)
- 8 Orificio roscado para la fijación de los pies
- 9 Orificio roscado para soportatubos (ECO y línea LI)

7. EVAPORADOR

7.1. INTRODUCCIÓN

Un evaporador es un intercambiador de calor que tiene la capacidad necesaria para conseguir la temperatura deseada en el recinto a enfriar.

La misión principal del evaporador es asegurar la transmisión de calor desde el medio que se enfría hasta el fluido frigorígeno. El refrigerante líquido, para evaporarse, necesita absorber calor y, por lo tanto, produce frío.

Son varios los tipos de evaporadores existentes en el mercado, motivo por el cual, haré una pequeña descripción de los tipos de evaporadores existentes en el mercado.

<i>Clasificación</i>	<i>Tipo</i>
<i>Según el método de alimentación del líquido</i>	<i>Inundado Semi inundado Dry-ex o seco</i>
<i>Según su construcción</i>	<i>De tubos lisos De placas De tubos con aletas</i>
<i>Según la circulación del aire</i>	<i>Convección natural Convección forzada</i>
<i>Según el sistema de desescarche</i>	<i>Por aire Por agua Por resistencias eléctricas Por gas caliente</i>

7.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE ALIMENTACIÓN DEL LÍQUIDO

7.2.1 Evaporadores inundados

En este tipo de evaporadores, el fluido se encuentra en estado líquido desde la entrada hasta la salida, todo y que a la salida se encuentra en estado de mezcla de gas y líquido, pero en un porcentaje considerable de líquido.

Son evaporadores de un gran rendimiento, ya que si a la salida el fluido está en un porcentaje elevado de líquido, implica que la diferencia de temperaturas entre el fluido refrigerante y el medio a enfriar es prácticamente constante. También se caracterizan por su sistema de expansión, ya que utilizan los denominados reguladores de nivel o válvula flotador.



7.2.2 Evaporadores semi inundados

Están formados por dos colectores, uno de menor diámetro que es la entrada del fluido refrigerante, y otro de mayor diámetro, que es la salida del fluido. Los dos tubos quedan unidos a través de tubos en paralelo, por donde circula el fluido refrigerante.

Al estar los tubos conectados en paralelo, la velocidad del fluido refrigerante a través de ellos es muy baja y el líquido se va depositando en la parte inferior de los tubos, inundándolos. El vapor que se va formando circula por la parte superior.

En general, estos evaporadores son de tubos con aletas.

7.2.3 Evaporadores secos

Se caracterizan porque el fluido refrigerante se encuentra en la salida del evaporador, en estado gas. Es decir, una parte de la superficie de transmisión se utiliza para el recalentamiento del fluido frigorífico.

En los evaporadores secos, la alimentación se produce generalmente a través de válvulas de expansión termostáticas. El fluido entra expansionando y a la salida, a consecuencia de la transmisión de calor, se encuentra en estado de vapor. Esto es debido a que las válvulas de expansión termostáticas trabajan según el recalentamiento de vapor a la salida del evaporador.

Este tipo de evaporador es más barato y más simple si lo comparamos en cuanto a diseño con los dos tipos de evaporadores descritos anteriormente.

7.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN

7.3.1 Evaporadores de tubo lisos

Este tipo de evaporadores son de tubos limpios o desnudos, y se fabrican de formas y medidas diferentes. Generalmente se fabrican bajo pedido, para instalaciones en particular. Las formas comunes de los tubos suelen ser en zig-zag y en espiral. El serpentín de tubo limpio o desnudo se utiliza frecuentemente para enfriar líquidos.

7.3.2 Evaporadores de placas

Tienen las mismas características constructivas que los condensadores de placas y también se fabrican con placas de acero inoxidable debidamente troqueladas.

Los evaporadores de placas pueden ser compactos o desmontables, para facilitar su limpieza.

Se utilizan con frecuencia para enfriar el aceite de los compresores de tornillo haciendo un intercambio refrigerante-aceite. También se utilizan como economizadores o sub-enfriadores de líquido de las instalaciones de baja temperatura o para la utilización en camiones refrigerados.



7.3.3 Evaporadores de tubos con aletas

Se trata de un serpentín de tubos lisos sobre los cuales se colocan unas placas metálicas. Estas aletas tienen el efecto de aumentar la superficie del intercambio del evaporador.

El espacio entre ellas varía desde los 2 hasta los 20mm. Esta separación va relacionada con su uso y con la temperatura que se quiere conseguir en el interior de la cámara. En cámaras de temperatura negativa, el vapor de agua se condensa entre las aletas de la batería, en forma de hielo.

Provocando un nulo intercambio de calor.

Como más pequeño sea este espacio entre aletas, más fácilmente se formará hielo y como consecuencia será necesaria una mayor frecuencia de desescarches. También la separación debe de ser mayor para evaporadores de convección natural.

La capa de hielo reduce el rendimiento del evaporador. Respecto a la eficiencia del evaporador con aletas, es evidente que debe existir un buen contacto térmico entre aletas y tubos.

Con los tubos aleteados conseguimos evaporadores más pequeños que con tubos lisos, debido a una mayor superficie de transferencia de calor.

Los materiales utilizados para fabricar los tubos y las aletas, deben de ser buenos conductores de calor, pero al mismo tiempo han de ser compatibles con el fluido refrigerante.

7.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL PROCEDIMIENTO DE CIRCULACIÓN DEL AIRE

Debemos de procurar que el aire que circula en el interior de la cámara, lo haga de forma adecuada, ya que la velocidad del aire es esencial para un correcto intercambio de calor entre el ambiente de la cámara, el producto y el evaporador.

No todos los productos tienen las mismas exigencias térmicas ni el mismo grado de humedad. Todos estos aspectos están íntimamente relacionados con la velocidad de circulación del aire.

7.4.1 Convección natural

El evaporador de circulación natural se puede construir con tubos lisos o con tubos y aletas. Lógicamente el enfriamiento del aire se consigue por las diferencias de densidad del aire.

El salto térmico entre la temperatura de la cámara y la de evaporación debe de ser mayor que en el caso de convección forzada. Este sistema se utiliza en su mayoría, en pequeños congeladores domésticos o en pequeños almacenes de refrigeración.



7.4.2 Convección forzada

Es el evaporador más utilizado en la actualidad. Está formado por un haz de tubos y aletas, cerrados en una envolvente, por donde circula el aire forzado movido por ventiladores.

Estos evaporadores se construyen de serie. En función de la temperatura a la que van destinados, frecuencia de desescarches y clase de producto a enfriar se elige la separación de las aletas (muy juntas para altas temperaturas y más separadas para baja temperatura).

En función de la salida del aire tratado, pueden ser evaporadores murales, de techo cúbico, de techo horizontales o con bocas de descarga.

En función de la presión de la salida del aire, pueden ir equipados con ventiladores helicoidales o con ventiladores centrífugos.

7.5. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SISTEMA DE DESESCARCHE

El desescarche es el proceso que consiste en la eliminación del hielo que es creado sobre la superficie del evaporador.

Este hielo es muy perjudicial para el rendimiento del evaporador, ya que actúa de aislante entre el aire y el fluido refrigerante, como consecuencia, tenemos una doble problemática:

- * Impide que el aire de la cámara al pasar por el serpentín se refrigere hasta la temperatura necesaria, obligando al compresor a trabajar en ciclos largos. También nos encontramos que el caudal de aire a través del serpentín, es menor.

- * Si no existe una correcta transmisión de calor, el refrigerante no puede evaporarse, cosa que implica que salga en estado líquido hacia el compresor.

El desescarche como podemos observar es una operación muy importante en toda máquina frigorífica. El método utilizado, así como sus intervalos de actuación, dependerán en gran medida de las características de la instalación. Pueden utilizarse los siguientes sistemas descritos a continuación.

7.5.1 Desescarche por aire

Es el método más sencillo y se aplica generalmente en cámaras cuya temperatura está por encima de 0°C.

El ciclo es regulado por un control de presión. Al formarse hielo en el evaporador, la presión de aspiración va disminuyendo y llega a un punto límite, en que el control desconecta el compresor. Con el compresor parado y el ventilador en funcionamiento, el aire a temperatura superior a la de congelación va quitando la escarcha.



7.5.2 Desescarche por resistencia eléctrica

Consiste en resistencias eléctricas dispuestas a lo largo de los tubos para calentar y fundir el hielo formado.

Durante el desescarche se detiene el compresor y ventiladores del evaporador y condensador, es decir, se paraliza temporalmente la instalación y entran en funcionamiento las resistencias, que actúan durante un intervalo de tiempo fijo o variable. En este caso un termostato detecta el momento en que el hielo termina de fundirse y se interrumpe el paso de electricidad a través de las resistencias, entrando de nuevo en funcionamiento todos los componentes de la cámara.

El ciclo de refrigeración en sistemas que usan desescarche eléctrico está concebido para trabajar alrededor de 20 horas al día, es decir, que el equipo desescarcha durante breves y numerosos períodos que suman unas 4 horas en total.

Este tipo de sistema de desescarche nos sería válido, ya que cumple con los requisitos.

A favor decir que es un sistema relativamente barato, en comparación al desescarche por gas caliente. En contra decir, que es un sistema en el que los desescarches son de tiempos más largos en comparación con el desescarche por gas caliente.

7.5.3 Desescarche por gas caliente

Existen varios tipos de desescarchado por gas caliente, y entre ellos el más destacado es el denominado “de ciclo invertido”, cuyo elemento esencial es la válvula inversora.

En funcionamiento normal (refrigeración), un serpentín interior actúa como evaporador absorbiendo calor, y uno exterior como condensador cediendo calor. Durante el desescarche la válvula inversora desvía el flujo de refrigerante, de modo que éste recorre el circuito en sentido opuesto, excepto a su paso por el compresor. El resultado es que el serpentín interior pasa a trabajar como condensador, mientras que el exterior es ahora el evaporador. De esta forma, el calor de compresión se encarga de calentar el serpentín interior eliminando el hielo.

El motivo por el cual este sistema es más caro, es debido a que los dos intercambiadores necesitan estar equipados con válvulas de expansión, provistas de sus correspondientes by-pass para que el refrigerante no pase por ellas en sentido inverso.

7.6. CALCULO DEL EVAPORADOR

Lo primero que debemos tener en cuenta para un correcto cálculo en el dimensionamiento del evaporador, es su capacidad frigorífica.

Que es la cantidad de calor que éste, es capaz de absorber de la cámara.

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta t_{ml}$$

Pasamos las unidades al sistema internacional “S.I.”

$$K \rightarrow 15 \text{ (kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C)} \cdot (1000 \text{ cal / 1 kcal)} \cdot (1 \text{ h / 3600 seg)} \cdot (4,186 \text{ J / 1 cal)} \cdot (1 \text{ (W/S) / 1 J)} = 17,44 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$Q = 17,44 \text{ (W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C)} \cdot 50 \text{ m}^2 \cdot 28,85 \text{ }^\circ\text{C} = 25163,0052 \text{ W} = 26 \text{ kW}$$

- * Q , cantidad de calor absorbida (W).
- * K , coeficiente global de transferencia de calor (W/m²K).
- * A , área de transferencia de calor (m²).
- * Δt_{ml} , diferencia de temperaturas media logarítmica (°C).

Cuanto más grande sea, mayor será la transferencia de calor a través de la superficie, lo cual se traduce, a igualdad de capacidad frigorífica, en una menor superficie y como consecuencia directa, menores dimensiones.

Los valores más frecuentes de para cada tipo de evaporador, se pueden extraer de diferentes catálogos de fabricantes o en valores aproximados de tablas que aparecen en los libros de refrigeración. En el caso de evaporadores aleteados de convección forzada de aire, es aconsejable un valor de 14-20 kcal/m²·h·°C.

Existen diferentes factores que afectan directamente en el valor del coeficiente de transferencia de un evaporador, como son:

- * **Eficiencia de las aletas:** Si esta eficiencia fuese máxima, la superficie de intercambio sería el total exterior. En general, tendrán más eficiencia los equipos que tengan una mayor superficie primaria en relación a la secundaria.
- * **Coeficiente convección del aire:** Este coeficiente viene relacionado con la velocidad del aire. A mayor velocidad, mayor es el coeficiente, ya que de esta manera aumentan las turbulencias y el calor cedido.
- * **Coeficiente convección refrigerante:** Este coeficiente aumenta con el caudal unitario de cada tubo. También aumenta como más grande sea el calor latente del refrigerante. En contra, disminuye si la viscosidad del refrigerante es elevada.
- * **Factor de suciedad:** La suciedad que se incrusta y se acumula en la superficie exterior del tubo, provoca una disminución en la transferencia de calor y en el rendimiento de él. También la velocidad del refrigerante es importante. A bajas velocidades, pueden producirse incrustaciones y suciedad debido a la acumulación de aceite en las paredes interiores del tubo.



* **Relación de superficies:** Una elevada superficie secundaria respecto a la primaria, va en contra del intercambiador. Ya que la transferencia se produce en los tubos, y las aletas solamente son una prolongación de estos.

7.6.1 Selección del evaporador mediante catálogo

Para proceder a la elección del tipo de evaporador entre los disponibles que podemos encontrar en las tablas que nos proporcionan los fabricantes, debemos de tener en cuenta las condiciones en las que trabajará.

Los datos básicos necesarios, serán:

- * Carga térmica de la cámara.
- * Temperatura de evaporación del refrigerante.
- * Humedad relativa de proyecto según las necesidades.

La forma práctica de proceder, es la siguiente:

- * En primer lugar, encontraremos Δt a través del gráfico, en función de la humedad relativa en el interior de la cámara.
- * Los catálogos nos proporcionan la potencia frigorífica en unas condiciones de temperatura de evaporación del refrigerante y de Δt nominales.

Los fabricantes nos proporcionan tablas con factores de corrección, que podemos utilizar cuando los datos que nos ofrecen para la selección no se corresponden con los nominales de proyecto.

Los factores de corrección más usuales tienen a ver con la utilización de otro tipo de fluido frigorífico y con una diferencia de temperaturas diferente.

7.7. SELECCIÓN DEL EVAPORADOR

Los serpentines aleteados son serpentines de tubo descubierto sobre los cuales colocan placas metálicas o aletas. Las aletas, sirven como superficie secundarias absolvedoras de calor y tiene el efecto de aumentar el área superficial externa del evaporador, mejorando por lo tanto la eficiencia para enfriar aire u otros gases. Con los evaporadores de tubo descubierto mucho del aire que circula sobre el serpentín pasa a través de los espacios abiertos entre los tubos y no hace contacto con la superficie del serpentín. Cuando se agregan las aletas al serpentín, estas se extienden hacia afuera ocupando los espacios abiertos entre los tubos y actúan como colectores de calor.

Estos absorben calor del aire que ordinariamente no estaría en contacto con la superficie principal y conducen este calor la tubería.

Es evidente que para que las aletas sean efectivas deberán estar unidas a la tubería de tal manera que se asegure un buen contacto térmico entre las aletas y la tubería.

Una variación de este último método es acampanar ligeramente el agujero de la aleta para permitir que esta se deslice sobre el tubo. Después que la aleta ha sido instalada, se endereza y se asegura con firmeza al tubo.



El tamaño y espacio en las aletas, en parte depende del tipo de aplicación para el cual está diseñado el serpentín. El tamaño del tubo determina el tamaño de la aleta. Tubos pequeños requieren de aletas pequeñas. A medida que se aumenta el tamaño del tubo puede aumentarse el tamaño de la aleta. El espacio entre aletas varía desde 1 a 14 aletas por pulgada, dependiendo principalmente de la temperatura de operación del serpentín.

La acumulación de escarcha es inevitable en serpentines usados en enfriamiento de aire, trabajando a temperaturas bajas debido a que la acumulación de escarcha sobre serpentines aletados tiende a restringir el paso del aire entre las aletas y a retardar la circulación del aire a través del serpentín.

Por otra parte, el diseño de serpentines para aire acondicionado y otras instalaciones donde los serpentines trabajan a temperaturas suficientemente altas de tal modo que no haya acumulación de escarcha sobre la superficie del serpentín, podrán tenerse hasta 14 aletas, por pulgada.

Cuando la circulación de aire sobre serpentines aletados es por gravedad importante que el serpentín ofrezca la mínima resistencia al flujo del aire; por lo tanto, en general, el espacio entre aletas deberá ser mayor para serpentines de convección natural que para serpentines que emplean ventiladores.

Debido a que el aletado externo afecta solo la superficie exterior, el agregar aletas más allá de cierto límite no necesariamente aumentara la capacidad del evaporador.

Por lo general un serpentín aletado ocupa menos espacio que cualquier otro evaporador, sea de tubo descubierto o de superficie de placa, esto para igualdad de capacidad. Lo anterior proporciona un ahorro considerable de espacio lo que hace que los serpentines aletados sean idealmente apropiados para usarse con ventiladores en unidades de convección forzada.

La casa alemana *Güntner*, pone al alcance de sus clientes una amplia información para la selección de los evaporadores de nuestra instalación.
El evaporador seleccionado será de de aletas.

En función de la potencia u otros factores, elegiremos el que más nos convenga.

7.7.1 Datos para la selección del evaporador

Como justifiqué en el apartado anterior, la solución se muestra en tabla.

Tipo de evaporador	De aletas
Fluido frigorífico	R-404A
Potencia frigorífica	26 kW
Temperatura de evaporación	5°C
Temperatura del aire	50 °C
Humedad relativa del aire de entrada	70%
Sistema de desescarche.	Eléctrico

7.7.2 Datos del evaporador seleccionado

Fecha: 2014-01-25
Solicitud del:
Proyecto:
No. de oferta:
Posición:
Responsable:

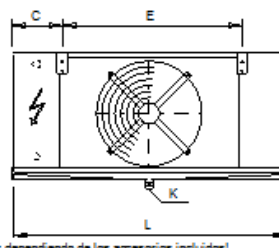
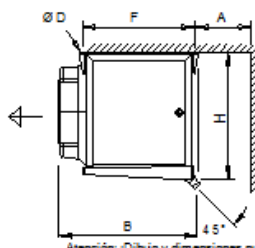


Evaporador inundado S-AGHN 040.2F/112-A0J/20P.M ¡Sólo para el cálculo!

Capacidad:	26.0 kW	Refrigerante:	R404A
Capacidad por dif. de temp.:	0.60 kW/K	Temp. de evaporación:	5.0 °C
Superficie de reserva:	49.4 %	Tasa de alimentación (bomba):	3.5
Caudal de aire:	3340 m³/h ⁽¹⁾		
Temp. de aire:	50.0 °C ⁽²⁾		
Humedad rel.:	70 %		
Presión atmosf.:	1013 mbar		
Ventiladores:	1 Unidad (e.s.) 3~400 V 60Hz Y/ (-)	Diámetro del ventilador:	400 mm
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	53 dB(A)
Revoluciones:	1430 min-1 / (-)	a una distancia de:	3.0 m
Capacidad:	0.20 kW, 1/6 hp mecánico		
Corriente:	0.36 A	Tiro de aire	aprox. 14 m ⁽³⁾
Caja:	AlMg3, Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Acero inox. AISI 304 ⁽⁴⁾
Superf. de intercambio:	17.6 m²	Aletas:	Aluminio ⁽⁴⁾
Volumen de tubos:	9.3 l	Entrada:	1 1/4" NPS (42.16 mm)
Paso de aleta:	12.00 mm	Colector de aspiración:	1" NPS (33.40 mm)
Peso vacío:	52 kg ⁽⁵⁾		
Presión de servicio máxima:	32.0 bar		

Dimensiones:

L = 1090 mm
B = 815 mm
H = 555 mm
E = 680 mm
F = 700 mm
C = 210 mm
A = 400 mm
ØD = 14 mm
K = G 1/4



Atención: (Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos)

(S= Entrada: 1 1/4" NPS (42.16 mm), Diámetro de distribución: 1 1/2" NPS (48.26 mm))

Precio unitario 3271.00 USD

Total (Precio de lista sin IVA, inclusive embalaje) **Determination by calculation department**

Tipo de entrega:

Condiciones de pago:

Plazo de entrega:

Validez de la oferta:

¡Nuestras condiciones generales de venta y entrega son válidas!

(1) Los valores son válidos 0 Pa de presión externa y pueden diferir de acuerdo a la presión externa real.

(2) Cámara (valor medio)

(3) Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 0.5 m/s en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría especial y de otros factores.

(4) Please check if your material selection is suitable for your installation location.

(5) Dimensiones y peso pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos



8. CONDENSADOR

8.1. INTRODUCCIÓN

Es un intercambiador de calor en el que se produce la condensación de los gases a la salida del compresor. El condensador debe de ser capaz de extraer y disipar el calor absorbido en el evaporador más el calor equivalente al trabajo de compresión.

La liberación de este calor pasa por tres fases. La primera consiste en el enfriamiento de los gases desde la temperatura de descarga del compresor, hasta la temperatura de condensación.

Esta fase es muy rápida, debido a la gran diferencia de temperaturas entre el fluido frigorífico y el propio condensador. Actúa generalmente en la primera cuarta parte del condensador.

La segunda fase consiste en la cesión del calor latente de condensación. Es la etapa más lenta y más importante, es donde el fluido efectúa su cambio de estado.

La última fase es el enfriamiento del líquido desde la temperatura de condensación hasta la temperatura deseada (líquido subenfriado). Este enfriamiento se produce en la última cuarta parte del condensador. La temperatura final del líquido dependerá del salto térmico existente.

8.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CONDENSADORES

Los diferentes tipos de condensadores más comunes, se clasifican según su forma de disipar el calor y del medio utilizado.

- * Condensadores refrigerados por aire.
- * Condensadores refrigerados por agua.

8.2.1 *Condensador refrigerado por aire*

Los condensadores refrigerados por aire suelen trabajar normalmente en condiciones de convección forzada, en aplicaciones en concreto como puede ser en muebles frigoríficos, la condensación la realizan mediante convección natural. Según su forma, pueden ser de tubos lisos, de tubos con aletas o de placas.

El tipo de condensador más habitual es el de tubo con aletas. Las aletas tienen una separación ya estudiada, para así facilitar el paso del aire y a su vez reducir la posibilidad de acumular suciedad en el condensador.

Normalmente la velocidad del aire que pasa entre las aletas, suele estar entre 2'5 y 5 m/s.

Sin embargo, dado que el consumo de potencia de los ventiladores es relación directa de la velocidad, se considera una correcta velocidad del aire de 3 m/s.



La diferencia entre la temperatura de condensación y del medio condensador (aire) debe de oscilar entre los 12 y 16 °C. La temperatura del medio condensador es la del aire en las condiciones de máxima temperatura. En climas muy cálidos, las elevadas temperaturas de condensación pueden repercutir en un bajo rendimiento del sistema.

8.2.2 Condensador refrigerado por agua

Dentro de este grupo, podemos diferenciar los que utilizan el calor sensible del agua, el calor latente o la combinación de los dos.

Los condensadores que utilizan el calor sensible, pueden diferenciarse según: doble tubo a contracorriente o multitubulares.

Los condensadores de doble tubo a contracorriente son el tipo más clásico de intercambiador de calor. Está formado por dos tubos concéntricos de diferentes diámetros. El refrigerante circula por el espacio que definen los dos tubos, y el agua por el conducto interior en sentido contrario.

Como ventaja, son fáciles de diseñar y permiten velocidades altas de circulación con un aumento del coeficiente global de transferencia de calor.

Como desventaja, valorar el elevado consumo de agua. En la actualidad son utilizados principalmente como intercambiadores de subenfriamiento.

Los condensadores multitubulares son el diseño perfeccionado de los de doble tubo a contracorriente. La condensación se efectúa en el exterior de los tubos de agua. Para aumentar la superficie de intercambio se incorporan aletas de refrigeración a los tubos, implicando directamente una reducción en la medida del condensador. Es un tipo de condensador muy utilizado.

Según la colocación de los tubos, pueden ser verticales u horizontales. El consumo de agua suele ser mayor en los verticales, también el coste de fabricación.

Los condensadores que utilizan el calor latente del agua como mecanismo de refrigeración, se llaman condensadores evaporativos.

Con este tipo de condensadores podemos llegar a reducir el consumo de agua respecto a los citados anteriormente (utilizan menos de un 10% de agua, comparándolo con el condensador multitubular horizontal).

Están contruidos por un grupo de tubos con aletas, en el que entra el refrigerante por la parte superior y sale por la parte inferior del condensador. El conjunto está formado por una carcasa, la cual tiene una entrada de aire en la parte inferior y una salida en la parte superior (techo).

Sobre los tubos hay una serie de toberas encargadas de pulverizar el agua a medida que va circulando el aire por el interior de la carcasa.

Los condensadores que utilizan tanto el calor sensible como el calor latente del agua para refrigerar, son llamados condensadores atmosféricos. Están formados por una serie de serpentines donde por el interior de ellos circula el fluido frigorífico.

En la parte superior son instalados unos serpentines de agua, provocando una lluvia. El efecto de enfriamiento se obtiene a la vez por el recalentamiento del agua y por su evaporación parcial al contacto por el aire.

Existen cuatro tipos dentro de este grupo: de tubos horizontales, de descarga, sistema Block y de tubos transversales.

8.3. SELECCIÓN DEL CONDENSADOR

El sistema utilizado para la condensación del fluido refrigerante es con aire como medio de extracción, por las ventajas que presenta respecto el otro sistema.

La casa alemana *Güntner* es una de las principales fabricantes de intercambiadores para aplicaciones en la refrigeración. Güntner pone al alcance de sus clientes una aplicación informática (software GPC 2011) que será utilizada para la selección del condensador de nuestra instalación

Sólo será necesario introducir los datos correspondientes del condensador en el menú de selección, como: temperaturas de trabajo o potencia frigorífica, pulsar sobre “ok” y obtenemos un listado de condensadores.

En función de la potencia, el precio u otros factores, elegiremos el que más nos convenga.

8.3.1 Datos para la selección del condensador

Se muestran los datos utilizados para la selección del condensador, que han sido introducidos al software de *Güntner*.

<i>Tipo condensador</i>	<i>Refrigerado por aire.</i>
<i>Fluido frigorífico</i>	<i>R-404A</i>
<i>Potencia de condensación</i>	<i>123 kW</i>
<i>Temperatura de condensación</i>	<i>50°C</i>
<i>Temperatura entrada del aire</i>	<i>5°C</i>
<i>Humedad relativa del aire entrada</i>	<i>70%</i>

La potencia de condensación viene dada en la tabla de selección del compresor.

Las condiciones de entrada del aire corresponden a las condiciones exteriores de diseño, ya que el condensador estará situado encima de la cubierta.

El sistema utilizado para la condensación del refrigerante, es una condensación por aire. Este método presenta las siguientes ventajas respecto los refrigerados por agua:

- * El consumo de agua es nulo. Muy importante, ya que el agua es un bien escaso, y tiene un coste elevado.
- * La eficiencia del condensador es independiente del grado de humedad del aire.
- * Necesita muy poco mantenimiento, debido a su rápida y fácil limpieza.

Como inconvenientes, podemos citar los siguientes:

* Elevada temperatura de condensación. Debe de estar entre los 12 a 16 °C por encima de la temperatura exterior. Motivo que dependiendo del lugar de la explotación (lugares cálidos), podemos obtener una disminución del rendimiento de la instalación.

* El coeficiente de transmisión es bajo, ya que el calor específico del aire es bajo. Esto implica un área de transferencia y de dimensiones mayores.

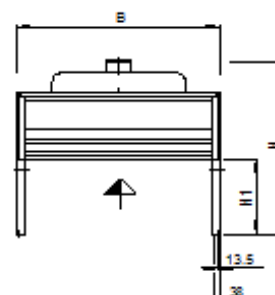
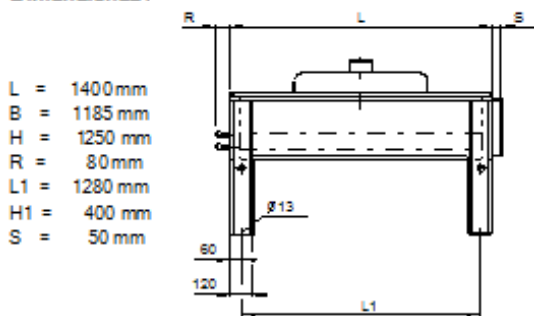
8.3.2 Datos del condensador seleccionado



Fecha: 2014-01-25
Solicitud del:
Proyecto:
No. de oferta:
Posición:
Responsable:

Condensador S-MCH 082A/1-L(L) ¡Sólo para el cálculo!			
Capacidad:	123.0 kW	Refrigerante:	R404A
Capacidad por dif. de temp.:	2.88 kW/K	Temp. del gas caliente:	80.0 °C
Caudal de aire:	9000 m³/h	Inicio de condensación:	50.8 °C
Entrada de la ire:	5.0 °C	Salida de condensación:	47.1 °C
Altura de instalación:	0 m	Caudal de gas caliente:	22.88 m³/h
Ventiladores:	1 Unidad (e.s) 3~460V 60Hz W/ (-)	Diámetro del ventilador:	800 mm
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	38 dB(A)
Revoluciones:	510 min-1 / (-)	a una distancia de:	10.0 m
Capacidad:	0.58 kW, 1/3 hp mecánico		
Corriente:	1.50 A		
Caja:	Acero galvanizado, light grey	Tubos intercambiador:	Cobre ⁽¹⁾
Superf. de intercambio:	167.5 m²	Aletas:	Aluminio ⁽¹⁾
Volumen de tubos:	22.4 l	Conexiones por cada aparato:	
Paso de aleta:	2.40 mm	Entrada:	2 1/8 in
Número de pasos:	16	Conexión de salida:	2 1/8 in
Peso vacío:	244 kg ⁽²⁾	Distribuciones:	8
Presión de servicio máxima:	30.8 bar		

Dimensiones:



Atención: ¡Dibujos y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

(S= Entrada: 2 1/8 in, Conexión de salida: 2 1/8 in Diámetro de distribuidor: 2 1/8 in y C deector: 2 1/8 in)

Precio unitario 4620.00 USD

Total (Precio de lista sin IVA, inclusive empaque)

Determination by calculation department

Tipode entrega:

Condiciones de pago:

Plazo de entrega:

Validez de la oferta:

¡Nuestras condiciones generales de venta y entrega son válidas!

(1) Please check if your material selection is suitable for your installation location.

(2) Dimensiones y peso pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos



9. VÁLVULAS DE EXPANSIÓN Y OTRAS VÁLVULAS DE REGULACIÓN

Entre las funciones que realiza la válvula de expansión, debemos destacar las siguientes:

- * Regular la capacidad de fluido refrigerante que entra en el evaporador.
- * Se encarga de mantener una alta y baja presión en los extremos de la misma válvula.
- * Provocar la expansión del fluido. El fluido pasa de alta a la baja presión necesaria en el evaporador.

La válvula de expansión puede ser de diferentes tipos. Las más utilizadas son:

- * Válvulas manuales.
- * Tubos capilares.
- * Válvulas de expansión termostáticas.
- * Válvulas de expansión de flotador.

9.1. VÁLVULAS MANUALES

Tienen poco éxito en la industria. Son válvulas de aguja y se utilizan en instalaciones donde la carga térmica es constante.

También se utilizan montadas en by-pass con otra válvula de expansión, como complemento de regulación, o bien porque en un momento en concreto, por ejemplo en caso de avería, se pueda regular la cantidad de fluido a través de ellas.

Las válvulas manuales se utilizan para aislar alguno de los componentes de la instalación cuando se debe resolver una avería, pero no son de gran uso para realizar la expansión del refrigerante.

9.2. TUBOS CAPILARES

Se utilizan en pequeñas instalaciones en donde varía poco la carga térmica, principalmente en instalaciones domésticas y comerciales de refrigeración, así como también en aire acondicionado.

Consiste en un tubo de pequeño diámetro, normalmente de cobre, que une el condensador con el evaporador. El fluido refrigerante en circular por el interior del tubo, padece una caída de presión y por lo tanto, también de temperatura. Provocando la expansión.

La instalación no está dotada de acumulador de líquido, pues la reserva de fluido condensado se encuentra en los últimos tramos del condensador.

Como dato orientativo, decir que los tubos capilares de mayor diámetro suelen ser de 2,4mm. En este tipo de instalaciones, después de realizar algún tipo de reparación, es muy



importante que al volver a ponerla en marcha, tenga la cantidad de exacta refrigerante, dada la importancia en la exactitud de la carga para un correcto funcionamiento.

9.3. VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA

9.3.1 Funcionamiento

A la entrada de la válvula, el fluido debe estar en estado líquido 100% a la temperatura de condensación. Después de la expansión estará en mezcla de líquido vapor, pero la proporción de líquido debe de ser mayor para obtener un buen rendimiento.

Deben de ser montadas lo más cerca posible del evaporador, en caso contrario, contra más lejos esté montada, debemos de aislar o redimensionar las tuberías de manera las pérdidas de rendimiento sean mínimas.

Su funcionamiento queda determinado por tres presiones que actúan sobre la membrana interior:

* *Presión del bulbo, P_b* : Actúa sobre la parte superior de la membrana y tiende a abrir la válvula. Es la presión medida a la salida del evaporador.

* *Presión de evaporación, P_e* : Actúa sobre la parte inferior de la membrana y tiende a cerrarla. Es la presión en la entrada del evaporador. Ésta se comunica con la parte inferior de la membrana, a través de un orificio realizado en el interior del cuerpo de la válvula.

* *Presión del resorte, P_r* : También actúa sobre la parte inferior de la membrana y tiende a cerrarla. Es una fuerza que actúa directamente sobre el vástago de la válvula.

En definitiva, la presión del bulbo es equilibrada por la suma de las presiones de evaporación y la de resorte.

$$P_b = P_e + P_r$$

Cuando $P_b > P_e + P_r$, la válvula abre.

Cuando $P_b < P_e + P_r$, la válvula cierra.

La igualdad de presiones se verá afectada por la variación de la temperatura del refrigerante a la salida del evaporador medida en el bulbo, dado que es la temperatura que actúa sobre el fluido que contiene el bulbo:

* Si la presión es alta, también lo será la temperatura y la presión del fluido en el bulbo, como consecuencia la válvula abrirá hasta restablecer de nuevo el equilibrio de las presiones.

* Si la temperatura del refrigerante en la salida del evaporador no aumenta, entonces la temperatura y la presión del bulbo tampoco lo harán y la válvula cerrará.

Esto se puede resumir con una frase: “las válvulas termostáticas trabajan según el recalentamiento del fluido refrigerante a la salida del evaporador, medido en el bulbo”.



9.3.2 Recalentamiento

El recalentamiento es la diferencia de temperaturas entre la entrada y la salida del evaporador. Ahora veremos cómo se determinan estos valores.

El fluido, en pasar a través de la válvula, sufre una caída de presión y de temperatura.

Recordar que en aumentar la presión de un fluido, aumentamos su punto de ebullición, y en disminuir la presión del fluido también disminuimos su punto de ebullición.

A la salida del evaporador, tendremos mezcla de líquido y vapor como consecuencia de la expansión, estará a la presión y temperatura de evaporación, conocida como presión de baja.

El fluido, al encontrarse a la temperatura de evaporación, empieza a robar calor del medio que le rodea, y esta transmisión de calor provoca una disminución de la cantidad de líquido con un aumento de vapor, calor latente de evaporación, hasta que el fluido se encuentra en estado de vapor al 100%.

A partir de ahora, a este punto en concreto le llamaremos punto x.

Este punto representa el estado de vapor saturado que todavía se encuentra a temperatura de evaporación.

La temperatura desde la entrada del evaporador hasta el punto x, que es donde la última gota de líquido se evapora, es la misma. Es un cambio de estado a temperatura constante.

Pero el fluido sigue circulando a través del evaporador, ya que está sometido a la aspiración del compresor, y como su temperatura es todavía inferior a la del recinto a enfriar, así como también por el rozamiento con las paredes internas del serpentín padece un aumento de temperatura, todo ello se traduce que el fluido a la salida, está en estado de vapor recalentado.

Pero la presión es la misma, dejando de lado las pérdidas de carga.

La temperatura de recalentamiento, en general, suele estar entorno los 4 - 6°C.

* Si el recalentamiento es demasiado bajo, puede suceder que el punto x esté fuera del evaporador y como consecuencia podremos encontrarnos que llegase líquido al compresor.

* Si el recalentamiento es muy alto, tendremos una disminución en la eficiencia del evaporador.

9.3.3 Válvulas de expansión termostática con igualador externo

En grandes evaporadores se produce una caída de presión importante, que a la salida, cuando el fluido llega al bulbo, ocasionan una presión y temperatura en el bulbo insuficiente para poder llegar a abrir la válvula.

Por este motivo, si en estos evaporadores se montase una válvula con igualador interno, debería trabajar con un recalentamiento alto, disminuyendo la superficie de transferencia del evaporador, su capacidad.

Para solucionar este inconveniente, existe la válvula de expansión con igualador externo. Esta consiste en un pequeño tubo que comunica la parte inferior de la membrana con la salida del evaporador después del bulbo.

Así, esta fuerza que actúa por debajo de la membrana, ya sería la presión de evaporación menos la caída de presión a lo largo del evaporador.

9.3.4 Válvulas de expansión termostática con MOP

Son válvulas limitadoras de presión.

El término MOP hace referencia a las siglas inglesas “Maxim Operate Pressure” o presión máxima de servicio.

Es la presión del evaporador a la cual la válvula restringe el fluido refrigerante y evita así cualquier aumento de presión, limitando la presión de aspiración.

Durante el ciclo de desescarche, se produce un aumento de la presión del evaporador. Esta válvula cumple la función de restringir la presión en la aspiración, favoreciendo que el compresor no se sobrecargue.

Este tipo de válvulas no son adecuadas para instalaciones que requieren enfriamientos rápidos.

9.4. VÁLVULAS DE EXPANSIÓN DE FLOTADOR

En el capítulo de los evaporadores, comenté que los de tipo inundado, el fluido refrigerante se encuentra en estado líquido a la entrada y salida del mismo. Este tipo de evaporadores son alimentados mediante dispositivos denominados válvulas de flotador.

El flotador se encarga de regular el nivel de líquido refrigerante, actuando sobre una válvula, el orificio de entrada de la cual, es el que produce la expansión del fluido.

Si fuese necesario cambiar las condiciones del fluido (temperatura de expansión más baja), se podría realizar cambiando el orificio.

Este tipo de válvulas se clasifican en válvulas de alta o baja presión, según su posición en la instalación. Es decir, al lado de alta o de baja presión.

9.5. VÁLVULAS DE REGULACIÓN

A parte de las válvulas de expansión, en toda instalación se utilizan otras válvulas que tienen como función regular diferentes elementos para que el sistema funcione correctamente. Las más importantes son:

- * Válvula reguladora de presión de aspiración.
- * Válvula de cierre manual.
- * Válvula de retención.
- * Válvula de descarga.

9.5.1 Válvula reguladora de presión de aspiración

Es una válvula que limita la presión de aspiración a un valor predeterminado. Es utilizada en instalaciones de baja temperatura, con la finalidad de evitar una elevada presión de aspiración durante el proceso de descenso de la temperatura o de desescarche.

Como la demanda de potencia en el compresor aumenta con la presión de aspiración, podría haber una sobrecarga del motor si se permitiese que la presión de aspiración aumentase libremente. Se instala en la línea de aspiración entre el evaporador y el compresor.

9.5.2 Válvula de cierre manual

Este tipo de válvula es la que se instala para aislar partes del sistema o del equipo, para dar servicio o efectuar reparaciones.

Entre las diferentes válvulas de cierre manual, debemos destacar las válvulas de servicio del compresor. Se instalan en las conexiones de aspiración y descarga del compresor, para poder hacer el mantenimiento y reparaciones pertinentes. Tienen un orificio para poder conectar el manómetro, y así poder comprobar las presiones de descarga y aspiración.

Este tipo de válvula también la instalaremos en el tubo de entrada y salida del filtro deshidratador, consiguiendo así en el mantenimiento de la instalación, un cambio de filtro más rápido.

9.5.3 Válvula de retención

Este tipo de válvula, también se llama válvula anti retorno. Evita que el fluido refrigerante pueda circular en sentido contrario al normal de funcionamiento.

Un ejemplo es la línea de descarga del compresor al separador de aceite. Si este tramo es vertical, se suele instalar para que cuando el compresor se encuentre en reposo, ni el aceite ni el refrigerante que pueda condensarse, vuelva al compresor.



9.5.4 Válvula de descarga

Es una válvula de seguridad, que la utilizaremos para evitar el exceso de presión en los puntos críticos del sistema. La conectaremos en el recipiente de líquido y abrirá cuando la presión sea muy alta.

Las válvulas de seguridad más comunes tienen un muelle que mantiene cerrada la válvula contra las presiones normales. Existen también las de disco de rotura, el cual se rompe con el exceso de presión.

Para nuestra instalación, usaremos una válvula de descarga común, instalada en el recipiente de líquido.

10. SALA DE MÁQUINAS

10.1 COMPOSICIÓN Y COMUNICACIÓN CON EL RESTO DEL INVERNADERO

En la instalación que nos ocupa existe una sala de máquinas donde se reunirán exclusivamente el compresor, ya que el evaporador estará en la cámara y el condensador estará en la cubierta del invernadero.

Se construirá atendiendo a lo dispuesto en la MI IF 007, del actual Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.

La sala de máquinas es una planta rectangular de 25 m² de superficie aproximada.

Todos los conductos que atraviesan paredes o techos medianeros con el resto de la cámara lo hacen por medio de pasa muros impidiendo cualquier paso de gas al mismo.

Los conductos que atraviesan el suelo hacia la conducción de distribución al resto de la cámara estarán dotados de pasa muros en los lugares de salida del paso hacia los correspondientes evaporadores.

En sala de maquinas se instalaran los correspondientes carteles indicadores de instrucciones y seguridad según el vigente reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas.

Deberá haber un pulsador de emergencia de color rojo y bien señalizado para poder detener las centrales de frío y todo el sistema frigorífico en caso de emergencia.

En sala de maquinas se instalarán dos detectores electrónicos de fugas de gas refrigerante en cumplimiento de la Instrucción MI IF-010.



11. REGULACIÓN Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN

11.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la mayoría de las cámaras frigoríficas funcionan automáticamente, debido a que el control manual es difícil y requiere de personal cualificado.

Entre la gran cantidad de operaciones y parámetros que se pueden regular de forma automática, destacaré:

- * Temperatura y humedad relativa en el interior de la cámara.
- * Alimentación en el evaporador.
- * Adecuación de la producción frigorífica a la carga térmica en cada caso.
- * Temperatura de condensación.
- * Puesta en marcha y parada del compresor.
- * Durada e intervalos en el ciclo de desescarche.

Instalar un control automático implica montar los dispositivos de seguridad pertinentes, que protejan los equipos ante cualquier funcionamiento anormal y que nos sirvan como indicativo de la avería. Así en caso de avería o mal funcionamiento, podremos actuar a tiempo, evitando que se puedan producir daños mayores.

Deberemos realizar un control periódico del correcto funcionamiento de estos dispositivos, asegurándonos así una correcta protección de la instalación. Los intervalos de tiempo serán los recomendados por el fabricante.

Por ejemplo, el presostato de alta y baja presión se suelen revisar una vez al mes, según las indicaciones del fabricante.

Todas estas comprobaciones quedarán restringidas solamente a personal cualificado, con un amplio conocimiento de los equipos.

A continuación hablaré de los diferentes elementos que nos permitirán controlar los parámetros de nuestra instalación.

11.2. CONTROL DE LA TEMPERATURA

La distribución de la temperatura dentro de la cámara es uno de los parámetros más difíciles de controlar. Su valor puede verse variado en las diferentes zonas de la cámara.

Una correcta distribución de la temperatura dependerá de factores como:

- * Un correcto diseño de la cámara.
- * La velocidad de circulación del aire.
- * Frecuencia de apertura de puertas.

La temperatura del recinto y del producto serán controlados mediante un termostato instalado en el interior de la cámara.

Este método es el más indicado para aplicaciones en las que es necesario un control estricto de la temperatura del ambiente y del producto.

El termostato consiste en un sensor y un emisor. Su forma de operar es la de todo o nada, no son controladores que hagan modular.

El instante en que la cámara frigorífica debe empezar a funcionar o pararse, viene determinado por este sensor. Parando o poniendo en marcha el motor del compresor, en función del nivel térmico.

El diferencial térmico es el intervalo entre la temperatura máxima y mínima permitida en el interior de la cámara. Para un correcto funcionamiento de la cámara, es imprescindible que dichos valores estén bien fijados.

Si el diferencial es muy pequeño, la cámara funcionará durante intervalos cortos pero muy repetitivos, implicando un mayor desgaste del compresor.

Si el diferencial es muy grande, la instalación funcionará durante largos ciclos y el interior de la cámara frigorífica padecerá una oscilación excesiva en su temperatura, factor perjudicial para el producto almacenado.

Cuando la temperatura es controlada mediante termostato o elemento similar, la elección del lugar donde instalar el sensor es de vital importancia.

Debemos instalarlo en un lugar donde detecte una temperatura muy similar a la media de la cámara.

Será colocado a media altura de la pared. Lejos de puertas y otras aperturas. También debemos evitar el contacto directo con la pared.

Junto al sensor del termostato, instalaremos un termómetro de lectura directa, para poder realizar las tareas de inspección y control.

En nuestro caso, la cámara se quiere mantener a una temperatura alrededor de los 23,5°C aunque esto variara dependiendo de tipo de semilla para una mejor germinación.

Así pues, el diferencial de temperatura de nuestra cámara será, quedando como niveles térmicos máximo y mínimo, 40°C como temperatura máxima y 0°C como temperatura

mínima respectivamente, con este rango cubrimos todas las temperaturas para una buena germinación.

Haciendo referencia al sensor del termostato, será colocado en el interior de la cámara, en la pared opuesta a la puerta y evaporador, y a una altura de 1,5m para que sea de fácil lectura a los técnicos.

11.3. CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa dentro de la cámara frigorífica es un índice que mide el equilibrio entre el agua del producto y su eliminación del aire cuando éste pasa por el evaporador.

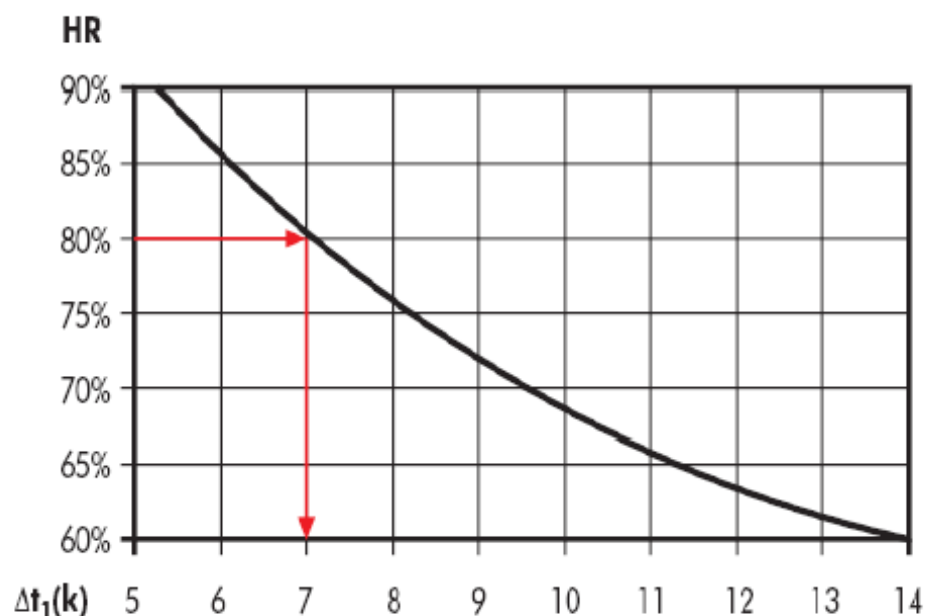
Interesa controlar este factor, debido a que un índice pequeño se ve reflejado directamente en un empeoramiento en la germinación de las bandejas.

La humedad relativa de la cámara estará influenciada por numerosos factores como:

- * Características físicas para una buena germinación.
- * Tipo de embalaje.
- * Tipo de control en el sistema de refrigeración.
- * Diferencias de temperaturas en la cámara. Entendiendo como tales, temperatura de evaporación, temperatura media de la cámara, temperatura de entrada y salida del evaporador.
- * Infiltraciones de vapor de agua.
- * Duración de los ciclos de funcionamiento de la instalación.

De todos los factores descritos anteriormente, el más importante es la diferencia entre la temperatura del aire que entra en el evaporador y la temperatura a que evapora el fluido frigorífico en su interior. A menor diferencia de temperatura, más grande es la humedad relativa y viceversa.

Podemos observar la relación entre la diferencia de temperaturas y la humedad relativa.





El nivel de humedad relativa en la cámara puede ser medido y controlado a través de higrómetros o higrómetros. Estos pueden ser del tipo de bulbo seco o húmedo, de membrana de plástico higroscópica o de película superficial.

Estos tipos de aparatos son inestables y se rompen con facilidad. Son muy sensibles al polvo y su exactitud se ve reducida al acumularse suciedad en las partes húmedas. Es necesario un mantenimiento y comprobación periódica.

11.4. CONTROL DEL NIVEL DE LÍQUIDO

Es importante controlar el nivel de líquido en el recipiente. Antiguamente, se utilizaban flotadores accionados magnéticamente, pero gracias al desarrollo de la electrónica, en la actualidad el control es realizado mediante sondas.

Es un método más costoso que el tradicional, pero tiene una serie de ventajas adicionales que le hacen más atractivo: puede ser colocada lejos del recipiente, por lo que toda modificación (reparación) puede realizarse con facilidad.

Los reguladores de nivel, regulan la alimentación a través del control de nivel de líquido. Enviando una señal de apertura o cierre al componente del equipo que realiza la función de alimentación.

El regulador de nivel está formado por un elemento de medición y un transductor amplificador unido eléctricamente.

El elemento de medición se compone de un flotador que tiene en la parte superior un vástago metálico de mando. Éste está montado y conectado en paralelo con el elemento del que se quiere saber el nivel.

11.5. CONTROL DE LA CAPACIDAD DE LA INSTALACIÓN

El sistema debe estar diseñado para tener una potencia igual o mayor a la carga máxima. De esta manera la instalación podrá mantener las bandejas a la temperatura deseada en momentos de carga puntual.

Cuando la variación en la demanda frigorífica no es grande, el control de la capacidad se consigue simplemente con la variación de la duración de los ciclos de puesta en marcha y parada.

Sin embargo, si las variaciones en la demanda son considerables, deberemos hacer algún tipo de regulación adicional.

La regulación de la capacidad se realiza con el fin de evitar que tanto la temperatura como la presión de evaporación bajen tanto que sea perjudicial para el producto.

Esta regulación se puede hacer sobre el compresor o sobre el evaporador.



Normalmente el control de la capacidad se realiza sobre el compresor. De los diferentes métodos, el más utilizado es el que consigue el control anulando uno de los cilindros del compresor.

11.6. PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN

Es un elemento que actúa cuando la presión en la condensadora es muy alta, protegiendo el sistema contra la sobrecarga y posible rotura de las tuberías, parando el compresor. Estará conectado en la línea de descarga, a la salida del compresor. Una alta presión puede ser causada por:

- * Enfriamiento defectuoso de la condensadora por mal funcionamiento de los ventiladores o por suciedad acumulada.
- * Acumulación de refrigerante líquido en la parte baja del condensador, producido por una carga excesiva de refrigerante.
- * El control de presión de condensación está ajustado a un nivel muy alto.

Los presostatos actuarán delante de situaciones de presión inusuales. Sin embargo, éste dispositivo de seguridad no es suficiente para proteger la instalación de refrigeración. Deberemos instalar otros elementos, como la válvula de seguridad...

El presostato de alta presión será de activación manual, para así evitar que se conecte automáticamente, antes de haber detectado y solucionado la causa del mal funcionamiento.

11.7. PRESOSTATO DE BAJA PRESIÓN

Actuará cuando la presión en la línea de aspiración sea inferior al nivel establecido. Esta caída de presión puede causar una temperatura de evaporación muy baja, dañando los productos almacenados o la propia cámara frigorífica.

El presostato de baja actúa abriendo el circuito del motor del compresor.

Las causas más frecuentes por las que puede actuar el presostato de baja son:

- * El evaporador no está correctamente alimentado, debido a un mal funcionamiento de la válvula de expansión.
- * La capacidad del compresor sobrepasa la del evaporador, debido a que los ventiladores están parados accidentalmente, o que existe una acumulación excesiva de hielo en el evaporador, o bien el dispositivo de control del compresor no funciona correctamente.
- * La carga de refrigerante en el circuito es baja.
- * Presencia de aceite en el evaporador.
- * Mal funcionamiento del termostato.

La presión de trabajo del presostato deberá ser fijada por debajo de la presión de evaporación normal, pero siempre por encima de la presión que puede provocar la congelación o daños del producto por el frío.

11.8. CONTROL DE LA PRESIÓN DEL ACEITE

Este tipo de control se realiza cuando el compresor tiene una bomba de lubricación. Diferentes causas provocan una lubricación defectuosa del compresor:

- * No existe suficiente aceite en el cárter del compresor. Esto se produce especialmente en cámaras que trabajan con fluidos halogenuros, donde el aceite está retenido en el circuito y no vuelve al cárter a un ritmo adecuado. También puede ser por la posible existencia de una fuga de aceite.
- * La bomba de aceite está rota.
- * La tubería de aspiración y de descarga de aceite están taponadas y la presión de la bomba es insuficiente para vencer esta resistencia.

Este tipo de control parará el compresor si el nivel de aceite es insuficiente.

Al control de presión de aceite, estará incorporado un relé de retardo que permitirá que el compresor funcione durante un periodo de 30 a 120 segundos con la presencia de aceite por debajo del nivel mínimo de seguridad.

Cuando el control de presión de aceite entra en funcionamiento se activará una luz o una sirena de control, hasta que el sistema se estabilice.

11.9. FILTRO SECADOR

Dispositivo que instalaremos en la línea de líquido. Su función será absorber las posibles humedades internas del circuito.

El vapor de agua es muy peligroso para el compresor, porque provoca la corrosión de sus partes metálicas.

También como consecuencia de la existencia de vapor de agua, puede congelarse el orificio de la válvula de expansión, provocando importantes problemas de funcionamiento.

11.10. VISOR DEL LÍQUIDO

Es un dispositivo que instalaremos en la línea de líquido, a la salida del filtro secador, para observar el flujo de refrigerante. Tiene por objetivo determinar si la carga de refrigerante es la adecuada.

Cuando el refrigerante líquido fluye a través de la tubería, el visor se mantiene transparente. Si aparecen burbujas, estas indican la presencia de gas y como consecuencia, no fluye la cantidad de líquido adecuada.

Determinados visores instalados en las tuberías de líquido incorporan una pastilla impregnada de una sal química y permiten la verificación del estado de sequedad del fluido frigorífero para deducir, en consecuencia, la eficacia del deshidratador. El cambio de color es reversible y si el color verde que señala la sequedad del fluido cambia a



amarillo significa que existe una cantidad anormal de agua en el fluido. Como consecuencia de este cambio de calor, lo siguiente es cambiar el filtro deshidratador, y después de volver a poner en marcha la instalación, comprobar que el color amarillo cambia a verde.

11.11. SEPARADOR DE ACEITE

Los tipos de sistema para los cuales es necesario la utilización de separadores de aceite, son:

- * Sistemas de baja temperatura.
- * Evaporadores inundados.
- * Sistemas que experimentan amplios cambios en la carga frigorífica.
- * Cuando entre el evaporador y el compresor existe una distancia importante.
- * Cuando el compresor está instalado a una distancia superior a la altura del evaporador.

El separador de aceite se instalará en la tubería de descarga, a la salida del compresor, entre éste y el condensador.

El refrigerante comprimido que tiene aceite, penetra por la entrada del filtro y pasa por la placa deflectora, el diámetro de la cual es mayor que el tubo de descarga, reduciendo la velocidad del refrigerante.

En tener las partículas de aceite más impulso, chocan contra la superficie de las placas deflectoras y caen hacia el fondo del separador. Cuando el nivel de aceite sube lo suficiente para poder abrir la válvula de flotador, el aceite vuelve al cárter mediante el vacío.

Los separadores de aceite dejan pasar una pequeña cantidad, que es acumulada en el sistema.

11.12. INTERCAMBIADOR DE CALOR LÍQUIDO-GAS

Es el dispositivo que se encarga de enfriar el refrigerante líquido que sale del condensador, transfiriendo calor del mismo gas de aspiración que sale del evaporador, que al mismo tiempo es recalentado.

Este intercambiador entre el líquido y el gas de aspiración, se utiliza para alguno de los siguientes objetivos:

- * Evitar la formación parcial de gas en la línea de líquido.
- * Evitar el flujo de retorno de líquido al compresor.
- * Mejorar la eficiencia del sistema.

El recalentamiento en la aspiración no conviene que sea excesivo, ya que puede repercutir en una temperatura elevada del gas en la descarga del compresor.

11.13. ACUMULADOR ASPIRACIÓN

Es utilizado en sistemas que presentan problemas de formación de líquido en las tuberías de aspiración, para así evitar la entrada de líquido en el compresor.

Este dispositivo es muy utilizado en sistemas donde se efectúa el desescarche del evaporador por gas caliente.

Para el diseño de nuestro sistema, no es necesario la implantación de dicho recipiente, debido a que el desescarche se procederá mediante resistencias eléctricas.

11.14. RECIPIENTE DE LÍQUIDO

Es un recipiente utilizado para almacenar el refrigerante líquido que no se utiliza en la operación, y la carga total cuando el sistema no está operando.

Es necesario disponer de suficiente espacio, para poder dar lugar a los volúmenes adicionales ocasionados por las fluctuaciones en la carga y en el flujo del sistema, ayudando a evitar los efectos adversos de retorno de líquido o privar de refrigerante al evaporador.

Dado que es un elemento que pertenece a la parte de alta presión del circuito, debemos instalar válvulas de seguridad conectadas a algún elemento sensor, como mínimo en aquellas instalaciones en que la carga de refrigerante sea igual o superior de 20 kg.

Según el reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas, se tendrán las siguientes consideraciones en función del volumen del recipiente:

- * Recipientes de volumen interior igual o inferior a 100dm^3 : Deben estar protegidas por una válvula de seguridad, un disco de rotura o algún elemento de rotura por fusión.
- * Recipientes de volumen interior comprendido entre 100 y 280dm^3 :
Deben estar protegidos como mínimo por un disco de rotura o válvula de seguridad.
- * Recipiente de volumen interior igual o superior a 280dm^3 : Debe estar protegido por dos válvulas de seguridad en paralelo, conectadas a una válvula de rotura de tres vías.

11.15. FUNCIONAMIENTO CONJUNTO DE LOS ELEMENTOS DE REGULACIÓN

La temperatura de la cámara no será constante, pero sí que se mantendrá dentro de unos valores establecidos. Conviene que el producto se mantenga en unas condiciones lo más estables posibles y que no se sometan a un exceso de calor.

También no conviene fijar una variación de temperatura pequeña, obligaría al sistema a trabajar en ciclos muy cortos de paro y marcha, acortando la vida del compresor y otros componentes.

En nuestro caso, la regulación del termostato la fijaremos a $\pm 2^{\circ}\text{C}$, respecto a la temperatura de diseño. Los niveles térmicos máximo y mínimo fijados, serán de 0°C y 40°C , respectivamente.

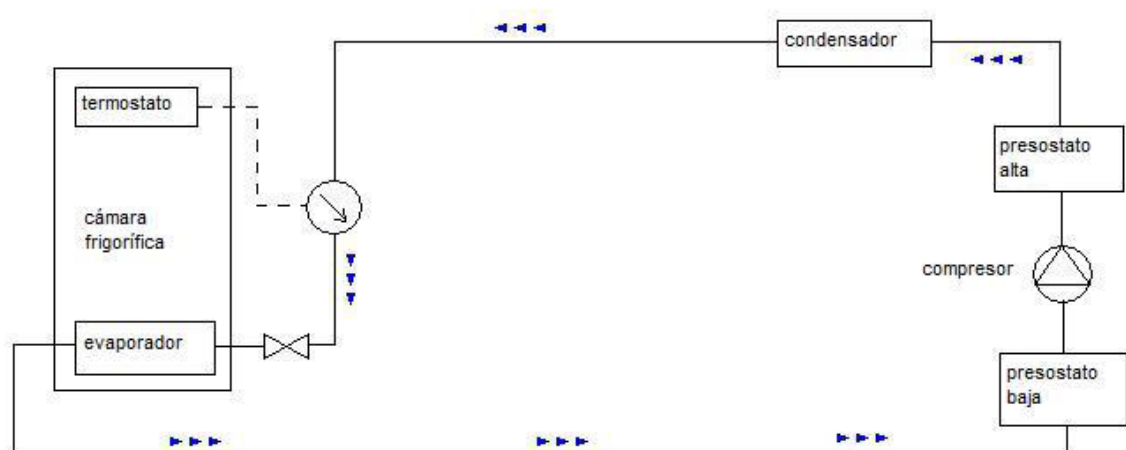
La regulación de la temperatura de la cámara se conseguirá mediante un termostato instalado en el interior de la cámara. Este termostato nos dará la orden de apertura o cierre de la válvula de alimentación al evaporador.

Respecto al compresor, estará regulado por los presostatos de alta y baja presión, que determinarán los ciclos de puesta en marcha y parada de la instalación.

El funcionamiento conjunto de estos elementos será el siguiente:

1. Cuando la instalación entra en funcionamiento, la temperatura en el interior de la cámara empieza a coger la temperatura para la germinación.
2. En este momento, el termostato da la orden de cerrar la válvula de alimentación del evaporador. Como ya no pasa fluido, el compresor cada vez tiene menos fluido para aspirar, en consecuencia la presión de aspiración empieza a bajar hasta que alcanza el valor fijado en el presostato de baja y éste para el compresor.
3. Debido a la entrada de calor del exterior y otros factores, la temperatura en el interior de la cámara empieza a subir, ya que los evaporadores no extraen este calor.
4. Cuando el termostato detecta este aumento de temperatura y alcanza el valor máximo de germinación, se alimenta el paso de corriente a la válvula solenoide encargada de alimentar el evaporador. El fluido que se encuentra almacenado en el recipiente de líquido a alta presión, al abrirse dicha válvula, pasa a través de la válvula de expansión. A continuación, pasa por el evaporador hasta llegar al compresor. A medida que va pasando por el evaporador, roba calor del interior de la cámara y su presión y temperatura aumenta hasta el valor fijado en el diferencial de los presostatos y el compresor vuelve a arrancar.

En el siguiente esquema se puede observar la disposición de los elementos de regulación.



12. TUBERÍAS DE REFRIGERACIÓN. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONADO

12.1. INTRODUCCIÓN

El equipo frigorífico básico está formado por un *evaporador*, *compresor*, *condensador* y *válvula de expansión*.

Estos dispositivos están conectados a través de tuberías para que el refrigerante pueda circular. Dependiendo del estado del refrigerante y de los elementos entre los que se desplaza el refrigerante podemos hablar de las siguientes líneas:

- * *Línea de aspiración*: Es la tubería que conecta la salida del evaporador y la entrada del compresor. El refrigerante está en fase vapor.
- * *Línea de descarga*: Es la tubería que conecta los gases que salen del compresor hacia el condensador.
- * *Línea de líquido*: Es la tubería que conecta la salida del condensador con la válvula de expansión.

Para un buen dimensionado de las tuberías debemos tener presente los siguientes aspectos:

- * Asegurar una alimentación correcta al evaporador.
- * Dimensionar las tuberías de forma que las pérdidas de carga estén dentro de los valores considerados aceptados.
- * Proteger el compresor. Evitar la acumulación de aceite en cualquier parte de la instalación, reduciendo al mínimo las pérdidas provocadas por el aceite.
- * El coste destinado en conductos sea el mínimo.

Éste último requisito no se considera fundamental. El correcto dimensionado se realizará en función de los criterios anteriores. Considerando sólo el factor de costes obtendríamos secciones de tubería que provocarían pérdidas excesivas y una disminución inadmisible de la producción frigorífica de la instalación.

En la línea de líquido el dimensionado no es tan crítico como en las líneas de aspiración y descarga, sin embargo debe tener una sección que evite la formación parcial de vapor, ya que repercutiría en un mal funcionamiento de la válvula de expansión, afectando a un bajo rendimiento de la instalación.

12.2. CAIDA DE PRESIÓN

Dentro de las pérdidas de carga creadas por la circulación del fluido refrigerante, podemos separarlas en dos grupos:

- * *Pérdidas estáticas*: Cuando el evaporador y el sistema de alimentación están colocados a diferentes niveles de altura por encima del recipiente de líquido aparecen unas pérdidas estáticas, equivalentes a la presión de la columna de líquido del refrigerante.

Estas son directamente proporcionales al producto entre la densidad del fluido y el desnivel de la línea de líquido.

* *Pérdidas dinámicas*: son las provocadas por la fricción y turbulencias en la circulación del refrigerante. Están relacionadas con diferentes factores como son: velocidad y viscosidad del refrigerante, rugosidad y diámetro del conducto, accidentes causados por diferentes elementos de la instalación como válvulas, codos, derivaciones, etc...

La pérdida de presión de cada tramo será la suma de las dos anteriores.

Una caída de presión adicional provoca un mayor consumo de energía, ya sea por una presión de aspiración muy baja o por una presión de descarga muy alta.

Para el dimensionado de las tuberías de aspiración se debe realizar un estudio cuidadoso, ya que la caída de presión en ellas tiene una gran influencia sobre la producción frigorífica de la instalación, ya que el compresor debe funcionar a una presión de aspiración inferior a la requerida en el evaporador.

El valor de la pérdida máxima admisible se suele fijar en la equivalente a 1°C de la temperatura de saturación.

Para el dimensionado de las tuberías de descarga el valor máximo también se fijará en 1°C de la temperatura de saturación.

Podría darse el caso de que con estas pérdidas consideradas como admisibles, la velocidad resultante en los conductos verticales no fuese lo suficiente para arrastrar el aceite.

A consecuencia obtenemos una pérdida de rendimiento en el evaporador, debido a que el aceite ocupa parte de la superficie del intercambiador y el área efectiva de transferencia es menor. Por este motivo, deberemos comprobar que las velocidades también estén dentro de los valores recomendados para un correcto funcionamiento.

Para las tuberías de líquido se acepta una pérdida de carga máxima, la variación de $0{,}5^{\circ}\text{C}$ de la temperatura de saturación. Esta caída de presión no va relacionada con el consumo de energía, pero es un factor que puede contribuir a la creación de vapores instantáneos en la línea de líquido, reduciendo la producción frigorífica.

12.3. RETORNO DEL ACEITE

La mayoría de los aceites utilizados para la lubricación del compresor tienen una alta miscibilidad con los refrigerantes. Por este motivo, el aceite del compresor es transportado por toda la instalación.

El nivel de aceite en el cárter debe permanecer constante, dentro de unos valores determinados. Debemos evitar la presencia de aceite en las superficies de transferencia térmica.

La manera de conseguir que el aceite vuelva al compresor es provocando velocidades suficientemente altas, de manera que el refrigerante pueda arrastrar al aceite, sobre todo en tramos verticales y conductos de vapor.



En la línea de líquido el aceite se desplaza fácilmente, al estar mezclado con el refrigerante.

12.4. PROTECCIÓN DEL COMPRESOR

Cuando el compresor se para y la velocidad del refrigerante se reduce a cero, puede suceder que en los tramos verticales de la tubería de descarga o en la línea de aspiración en donde existe un desnivel entre el evaporador y compresor, penetre aceite en este.

Para evitar que el aceite vuelva al evaporador, se instalan unos sifones a la salida. También se colocan en la línea de descarga si el tramo es vertical. La solución que nosotros adoptaremos será la de colocar un separador de aceite en la descarga, a la salida del compresor.

Con esta solución evitaremos que baje el nivel de aceite en el cárter del compresor, y que éste penetre en otros elementos de la instalación, con los problemas ya comentados que esto supone.

Todos los conductos horizontales, y sobre todo en los tramos de aspiración, debemos instalar las tuberías con un ligero pendiente descendiente en la dirección del flujo, para evitar que cuando el compresor pare, el aceite no vuelva al evaporador.

12.5. LÍNEAS DE REFRIGERANTE

12.5.1 Línea de aspiración

La caída de presión de este tramo debe ser generalmente inferior a la variación equivalente a 1°C de la temperatura de saturación.

La velocidad del vapor debe ser suficiente para poder garantizar el retorno de aceite. En tramos verticales esta velocidad debe ser como mínimo de 5m/s, mientras que en tramos horizontales el valor mínimo es de 2'5m/s.

En los dos casos los valores pertenecen a la carga mínima de la instalación.

El estado del refrigerante a la salida del evaporador es de vapor recalentado. Así aseguramos que no lleguen gotas de líquido al compresor.

Este recalentamiento aumenta en el tramo de aspiración. Ya que la línea pasa por el interior de la cámara donde la temperatura es superior a la del fluido, y aunque los conductos estarán aislados térmicamente, siempre existe convección natural con el entrono.

Si este recalentamiento es bajo o poco estable, existe la posibilidad de formación de gotas como consecuencia de la pérdida de carga, deberemos procurar un recalentamiento suplementario.



Las técnicas más utilizadas son: un intercambiador líquido-gas, recalentamiento eléctrico o mejor regulación del recalentamiento fijado en la válvula de expansión.

De los tres procedimientos, el más utilizado es el descrito primero. El recalentamiento eléctrico requiere de un consumo energético que reduce la eficiencia del ciclo.

Respecto a la regulación a través de la válvula de expansión, debemos decir que está muy limitada por la temperatura del entorno, es decir, si el fluido evapora a 0°C y el recinto está a 23°C, no se puede regular un recalentamiento superior a 50°C.

Las tuberías de aspiración deben de estar completamente aisladas para prevenir la condensación de la humedad ambiental. Los requisitos básicos que debe tener el aislamiento del tramo de aspiración son:

* *Reducir el recalentamiento.* Factor negativo para el circuito porque hace aumentar la temperatura de los gases a la salida del compresor.

* *Evitar condensaciones.* La temperatura de la superficie exterior debe de estar por encima del punto de rocío. Es necesario debido a que si condensa vapor de agua sobre el aislante, éste se deteriorará.

12.5.2 Línea de descarga

El diámetro de la tubería de descarga diseñado según el criterio de la pérdida de carga, será aquel que no supere la variación de 1°C de la temperatura de saturación.

La velocidad del gas para los tramos verticales será de un mínimo de 5m/s, mientras que para los tramos horizontales será de 2'5m/s. Valores suficientes para poder arrastrar el aceite que emigra del compresor.

12.5.3 Línea de líquido

El diseño de la tubería de líquido es menos crítico que el resto de tuberías del sistema.

Deberemos diferenciar dos tramos dentro de esta tubería:

- * La tubería del condensador al recipiente de líquido.
- * La tubería del recipiente de líquido a la válvula de expansión.

Es muy frecuente encontrar en el primer tramo presencia de gases que no han sido condensados, sobre todo cuando el recipiente de líquido se encuentra lejos del condensador. Por este motivo el diámetro de este tramo suele ser mayor.

La velocidad permitida para el primer tramo es de 0'5m/s, mientras que para el segundo tramo es de 1'5m/s.

El principal problema que debemos evitar en la línea de líquido es la formación instantánea de vapor antes que el líquido llegue a la válvula de expansión. Puede dar lugar a la erosión del asiento de la válvula, y en consecuencia verse reducida su capacidad.



La formación de este vapor, la evitaremos manteniendo la presión del líquido por encima del punto de saturación correspondiente a su temperatura.

A la salida del condensador el fluido se encuentra en estado de líquido subenfriado. Si el equivalente en °C debido a la caída de presión supera este subenfriamiento, se debe hacer uso de algún otro método suplementario.

El método más utilizado es instalar un intercambiador líquido-gas. El gas procedente de la línea de aspiración refrigera este líquido, obteniendo dos efectos beneficiosos:

* *Subenfriamiento del líquido*: Previene la no formación instantánea de vapor en la línea de líquido debido a la caída de presión. Aumento de la producción frigorífica.

* *Recalentamiento del gas de aspiración*: Evita que se formen gotas en la aspiración, que harían perjudicar el rendimiento del compresor.

Respecto a la producción frigorífica, este aumento de temperatura del gas no repercute en su contra, dado que el recalentamiento se ejecuta fuera del recinto a refrigerar.

12.6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS

12.6.1 Introducción

Para el dimensionado de los diámetros de las diferentes tuberías, se deberán tener en cuenta dos criterios que deben de cumplir todos los tramos: velocidades máximas y mínimas del fluido refrigerante y caída de presión permitida en cada tramo.

El método de cálculo será el siguiente: se comprobarán las velocidades del fluido en cada tramo, probando con diferentes diámetros hasta obtener unos valores que cumplan con los criterios de velocidades establecidos.

A continuación, se comprobarán las pérdidas de carga correspondientes a estos diámetros. En el caso que la pérdida sobrepase los valores permitidos, deberemos modificar el diámetro hasta obtener valores correctos.

12.6.2 Criterio de velocidades

Las velocidades mínimas en los tramos de refrigerante en estado gas (aspiración y descarga), serán las siguientes:

- * Tramo horizontal: 2'5m/s.
- * Tramo vertical: 5m/s.

Las velocidades máximas admitidas son en términos generales:

- * Tramo de refrigerante, fase gas (aspiración y descarga): 15 m/s.
- * Tramo refrigerante, fase líquida: 2m/s.



Para la línea de líquido no fijaremos una velocidad mínima, pero es evidente que como más baja sea la velocidad, más grande será el diámetro del conducto. Deberemos escoger un diámetro, cuyo valor sea próximo a la velocidad máxima permitida, sin ser superada.

Para determinar la velocidad, deberemos conocer primero el caudal de refrigerante. A partir de la siguiente expresión, podemos encontrar el caudal.

$$Q_o = m \cdot \Delta h_e$$

- * Q_o , producción frigorífica en el evaporador (kW).
- * m , caudal másico (kg/s).
- * Δh_e , diferencia de entalpías entre la entrada y salida del evaporador (kJ/kg).

Conocido el caudal másico, la velocidad quedará definida a partir de la siguiente expresión:

$$v = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho}$$

- * v , velocidad (m/s).
- * ρ , densidad del fluido refrigerante (kg/m³).
- * D , diámetro interior del conducto (m).

La densidad del refrigerante no es un valor constante, sino que va relacionado en función de la temperatura y el estado en el que se encuentre.

12.6.3 Criterio de pérdidas de carga

La pérdida de presión en conductos se puede expresar en kg/cm² o en °C.

Las pérdidas de presión admisibles en las diferentes líneas serán las siguientes:

- * Tramo aspiración: 1°C.
- * Tramo descarga: 1°C.
- * Tramo líquido: 0'5°C.

La determinación de la pérdida de carga debido a la circulación del fluido por las tuberías es un problema típico de mecánica de fluidos. Se establecen dos comportamientos diferenciados según el régimen de funcionamiento, existiendo una zona de transición entre los dos.

El parámetro que caracteriza el régimen de circulación existente es el conocido número de *Reynolds*, coeficiente adimensional que se define como:

$$R_e = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

- * v , velocidad media de circulación (m/s).
- * D , diámetro interior (m).
- * ρ , densidad del fluido (kg/m³).



* μ , viscosidad dinámica (kg/m•s).

Las ecuaciones utilizadas para determinar la viscosidad dinámica del vapor y del líquido son:

$$\mu_{\text{líquido}} = 10^{(A+B \cdot T)} \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_{\text{vapor}} = (A + B \cdot T) \cdot 10^{-6}$$

* A y B, son coeficientes adimensionales, su valor depende del refrigerante.

* T, temperatura en °C.

En el caso del refrigerante R-404A, el valor de los coeficiente A y B será:

* Líquido	→	A= 2'1736	B= - 0'002187
* Vapor	→	A=9'3506	B= 0'00976

A partir de la ecuación de la velocidad anunciada en el apartado anterior, podemos expresar el número de Reynolds como:

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

La clasificación en un régimen de circulación se determina por el valor del coeficiente Re :

* $Re < 2300 \rightarrow$ Régimen laminar.

* $2300 < Re < 4000 \rightarrow$ Régimen de transición.

* $4000 > Re \rightarrow$ Régimen turbulento.

En instalaciones frigoríficas comerciales, se trabaja siempre en régimen turbulento.

En cualquier régimen, la pérdida de carga en una tubería debido a la circulación del fluido, puede calcularse mediante:

$$\Delta P_r = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot D \cdot g}$$

* ΔP_r , caída de presión por la circulación, en metros de columna de refrigerante.

* f , factor de fricción, adimensional.

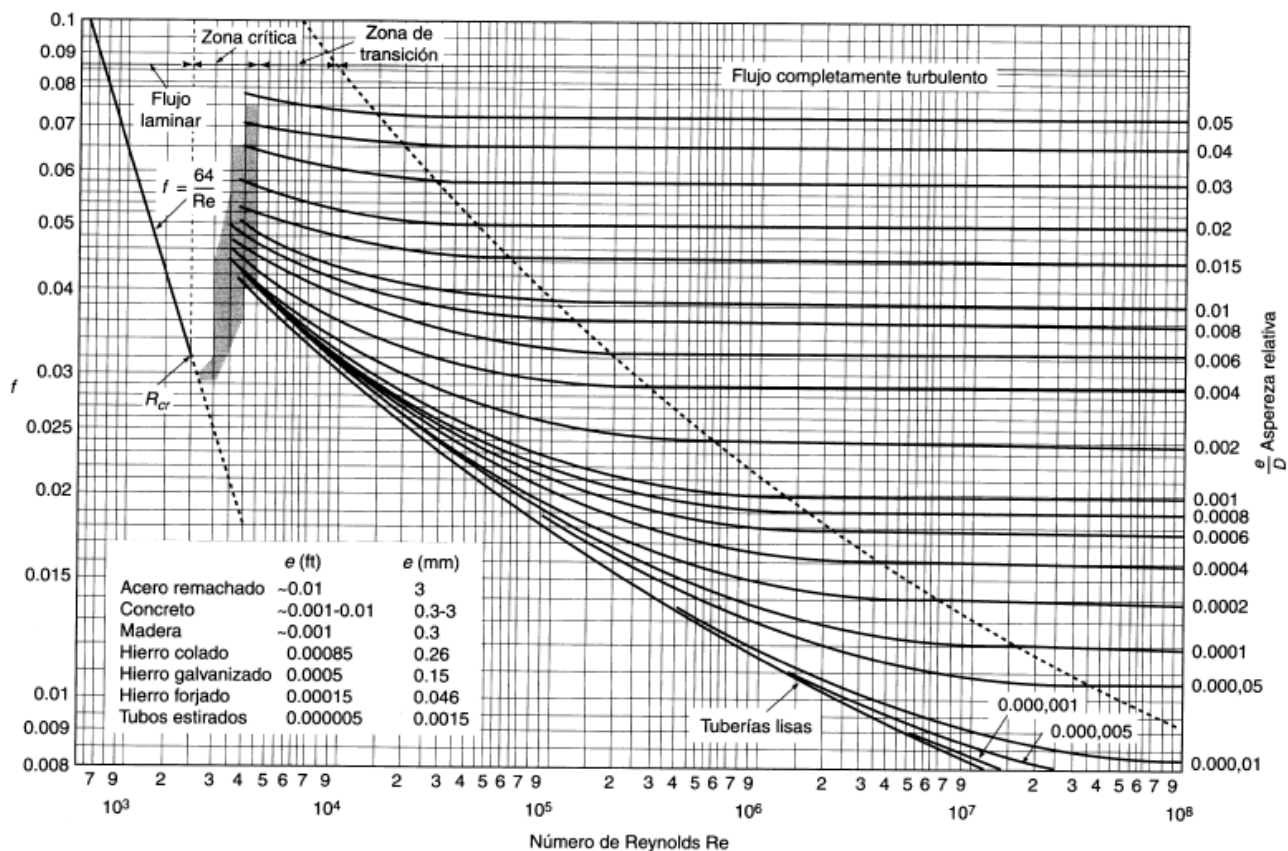
* L , longitud del tramo de tubería estudiada (m).

* g , constante de gravedad, 9'81 m/s².

12.6.3.1 Cálculo del factor de fricción

El factor de fricción depende del régimen de circulación del fluido (Re) y de la rugosidad relativa ($\varepsilon/D =$ "rugosidad absoluta / diámetro interior tubería").

El factor de fricción se puede obtener a partir del diagrama de *Moody*, que se muestra a continuación.

Diagrama de Moody. (De L.F. Moody, *Trans. ASME*, vol. 66, 1944.)

12.6.3.2 Cálculo de la longitud equivalente

La longitud equivalente de una canalización es un valor ficticio, que nos sirve como herramienta de trabajo. Es la longitud que debería de tener un tubo liso y sin accesorios, para que tuviese las mismas pérdidas que en caso real, es decir, con accesorios. Esta longitud siempre será superior a la longitud real del conducto.

La longitud equivalente de cada una de las líneas puede calcularse de diferentes formas.

La manera más simple de calcular estas pérdidas es aplicar un factor corrector sobre la longitud real del conducto, que suele ser de 1'5.

De esta manera, realizaremos el cálculo como si las tuberías tuviesen en realidad un 50% más de longitud, considerando así las pérdidas ocasionadas por los accesorios.

Éste método es poco preciso, pues no todas las instalaciones tiene las mismas cantidades de pérdidas ocasionadas por los accesorios. Es un buen método cuando lo que se quiere es obtener un resultado orientativo.

Normalmente, la longitud equivalente se calcula teniendo en cuenta las tablas que nos ofrecen los fabricantes, donde se indica por cada accesorio en concreto, su pérdida.

En función del diámetro nominal, el material, la rugosidad interior y el tipo de accesorio, obtenemos la pérdida equivalente en metros.

A continuación, podemos observar una tabla para el cálculo de pérdida en metros producidos por los diferentes accesorios, para tuberías de cobre.

Tuberías de cobre

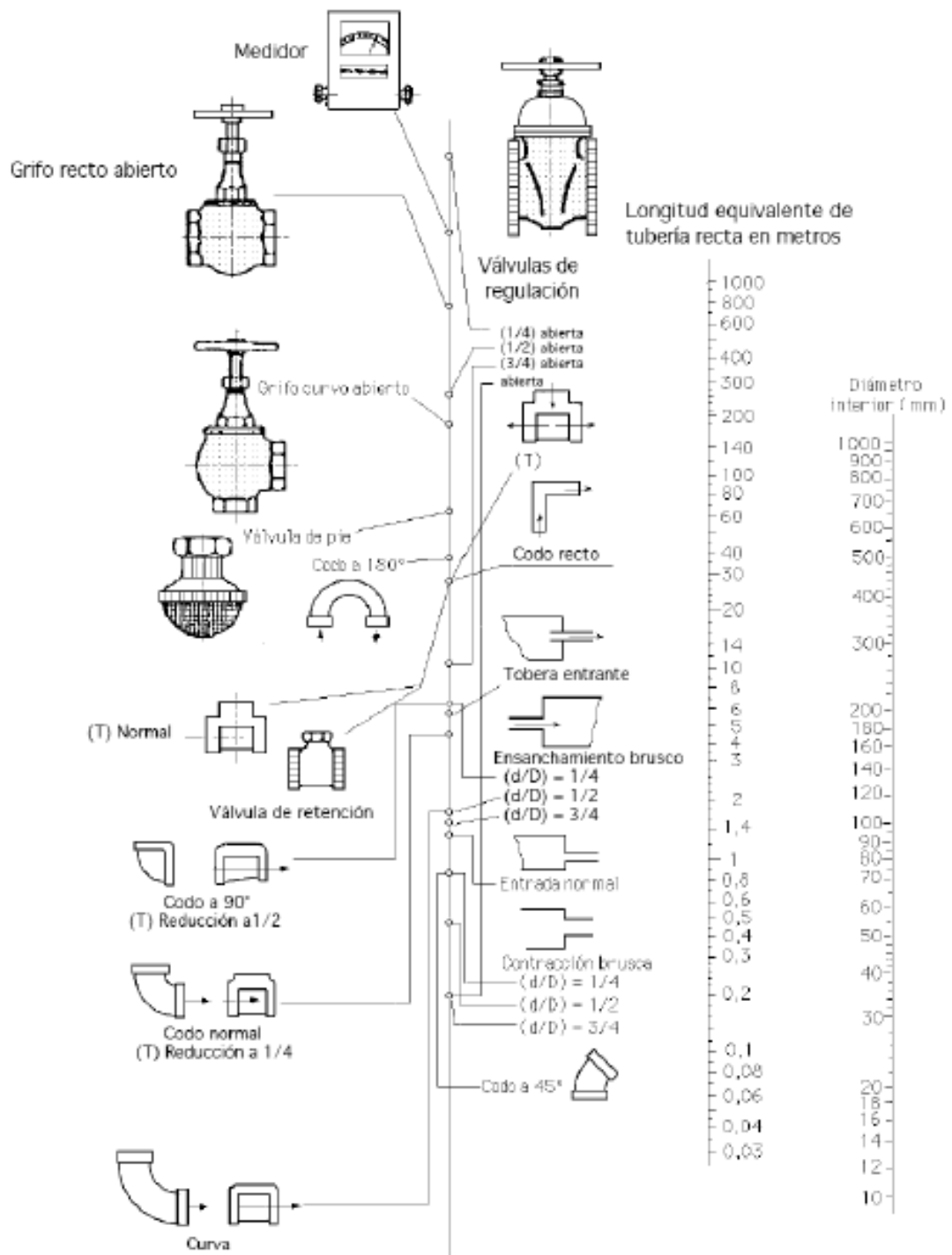
Diámetro nominal (mm)	Codo 90°	Curva 90°	Curva 45°	Codo doble 180°	T en ramas alineadas	T en ramas de derivación	Válvula esférica	Válvula de compuesta	Válvula de ángulo	Válvula de retención
1/2"	0.33	0.17	0.10	0.50	0.22	0.07	3.70	0.00	1.07	1.12
5/8"	0.43	0.22	0.13	0.72	0.29	0.07	4.92	0.12	2.17	1.45
7/8"	0.62	0.31	0.19	1.04	0.42	1.20	7.07	0.17	3.12	2.08
1-1/8"	0.83	0.41	0.26	1.38	0.55	1.60	9.30	0.22	4.14	2.70
1-3/8"	1.01	0.51	0.31	1.89	0.80	2.03	11.40	0.27	5.07	3.30
1-5/8"	1.21	0.60	0.37	2.02	0.81	2.42	13.72	0.32	6.05	4.03
2-1/8"	1.61	0.80	0.49	2.80	1.07	3.21	18.21	0.43	8.00	5.35
2-5/8"	2.01	1.00	0.62	3.35	1.34	4.02	22.78	0.54	10.05	6.70

Para encontrar la pérdida de presión de un accesorio, será suficiente con conocer el tipo de accesorio que utilizaremos y el diámetro interior por donde pasará el fluido.

Con estos datos, identificaremos los puntos en las escalas graduadas de la derecha e izquierda, trazando una línea recta entre ellos.

El punto de corte entre la recta de unión y la escala de corte graduada del centro, nos dará el valor de la pérdida de carga en metros del accesorio.

ABACO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS
en metros de longitud de tubería equivalente



Una vez obtenida la longitud equivalente para todos los tramos, aplicaremos la siguiente fórmula para determinar la pérdida total (ΔP_T) en forma de presión.

$$\Delta P_T = \left[f \cdot \frac{(L_e \cdot v^2)}{2 \cdot D \cdot g} + (z_1 - z_2) \right] \cdot (\rho \cdot g)$$

* ΔP_T , pérdida de presión (Pa).

* z_1 , es la cuota inicial en altura del tramo estudiado (m).

* z_2 , es la cuota final en altura del tramo estudiado (m).

El resto de magnitudes tienen el mismo valor que en las expresiones descritas anteriormente.

Los tramos que son instalados de forma horizontal, se puede considerar nulo el término correspondiente a la diferencia de cotas ($z_1 - z_2$). En este caso, la expresión quedaría de la siguiente manera:

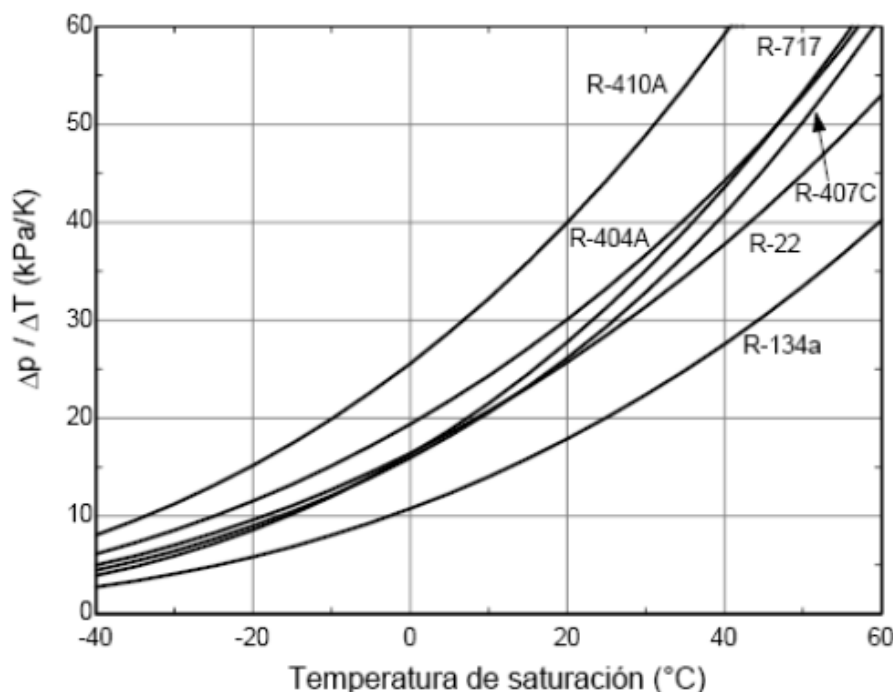
$$\Delta P_T = \frac{f \cdot L_e \cdot v^2 \cdot \rho}{2 \cdot D}$$

A nivel práctico utilizaremos esta expresión para todos los tramos de aspiración, la densidad es muy baja y la pérdida provocada por la diferencia de cotas puede despreciarse.

Una vez obtenidas las pérdidas del tramo en forma de presión, podemos obtener la misma en grados centígrados, haciendo uso de las tablas de propiedades del refrigerante, o bien con el diagrama presión-temperatura.

Diagrama (P - T).

Para tuberías que contienen el refrigerante en estado de saturación podemos utilizar la siguiente gráfica, que nos relaciona la variación de presión (ΔP) con la variación de temperatura (ΔT), en función de la temperatura del fluido y para diferentes refrigerantes. En nuestro caso, solamente nos fijaremos en el refrigerante R-404A, refrigerante que usaremos para nuestra instalación.



En la selección de diámetro, decir que existen una serie de diámetros de tubería normalizados. Seleccionaremos el que más se ajuste según los criterios de velocidad de circulación y pérdidas de carga admisibles.

A continuación, podemos observar una tabla donde vemos descritos los diámetros normalizados para tuberías comerciales de cobre.

Medida	Dext (pulgada)	Dext (mm)	Rollo de tubo				Barra de tubo			
			esp (pulgada)	esp (mm)	Dint (pulgada)	Dint (mm)	esp (pulgada)	esp (mm)	Dint (pulgada)	Dint (mm)
3/16"	0.1875	4.763	0.030	0.762	0.1275	3.239				
1/4"	0.2500	6.350	0.030	0.762	0.1900	4.826				
5/16"	0.3125	7.938	0.030	0.762	0.2525	6.414				
3/8"	0.3750	9.525	0.030	0.762	0.3150	8.001	0.030	0.762	0.315	8.001
1/2"	0.5000	12.700	0.030	0.762	0.4400	11.176	0.030	0.762	0.440	11.176
5/8"	0.6250	15.875	0.032	0.813	0.5610	14.249	0.030	0.762	0.565	14.351
3/4"	0.7500	19.050	0.035	0.889	0.6800	17.272	0.032	0.813	0.686	17.424
7/8"	0.8750	22.225	0.035	0.889	0.8050	20.447	0.032	0.813	0.811	20.599
1"	1.0000	25.400					0.035	0.889	0.930	23.622
1-1/8"	1.1250	28.575					0.040	1.016	1.045	26.543
1-3/8"	1.3750	34.925					0.042	1.067	1.291	32.791
1-5/8"	1.6250	41.275					0.050	1.270	1.525	38.735
2-1/8"	2.1250	53.975					0.060	1.524	2.005	50.927
2-5/8"	2.6250	66.675					0.071	1.803	2.483	63.068
3-1/8"	3.1250	79.375					0.071	1.803	2.983	75.768
3-5/8"	3.6250	92.075					0.080	2.032	3.465	88.011

12.7. DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERÍAS

12.7.1 Línea aspiración

La línea de aspiración estará formada por una línea, motivado por la existencia un evaporador en el interior de la cámara.

Para facilitar el cálculo, el tramo de salida del evaporador irá en unión hacia el compresor.

El cálculo detallado del dimensionado se realizará para el tramo *LAI*, el resultado de los demás tramos será detallado en una tabla.

La potencia del tramo *LAI* es de 26 kW (correspondiente a la potencia del evaporador).

A continuación tenemos un resumen de la longitud en metros y potencia de cada tramo.

	<i>Longitud, (m)</i>	<i>Potencia, (kW)</i>
<i>LAI</i>	10 m	26

Las propiedades del gas en las condiciones de evaporación son las siguientes:

<i>Temp. (sat)</i>	<i>h_l (kJ/kg)</i>	<i>h_g (kJ/kg)</i>	<i>Δh_e (kJ/kg)</i>
0°C	200	370	-170

Aplicamos la siguiente ecuación para encontrar el caudal másico en LAI:

$$m = \frac{P_e}{\Delta h_e}$$

$$m = 26 / 170 = 0,15 \text{ kg/s}$$

Ahora deberemos comprobar diferentes diámetros normalizados para así obtener velocidades entre 5 y 15 m/s.

En el tramo LAI la velocidad para un diámetro de 38'73mm será:

$$v = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho}$$

$$v = (4 \cdot 0,15) / (\pi \cdot 0,0387^2 \cdot 13,56) = 9,58 \text{ m/s}$$

En resumen, para los tramos de aspiración tendremos:

	$m \text{ (kg/s)}$	$\varnothing \text{ (m)}$	$v \text{ (m/s)}$
LAI	0,15	0,0387	9,58

Una vez aplicado el criterio de velocidades admisibles, debemos calcular la pérdida de carga.

Viscosidad dinámica del refrigerante en la línea de aspiración:

$$\mu_{\text{vapor}} = (A + B \cdot T) \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_{\text{vapor}} = (9,3506 + 0,00976 \cdot (0)) \cdot 10^{-6} = 9,35 \cdot 10^{-6}$$

El número de Reynolds en el tramo LAI, será:

$$R_e = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D \cdot \mu}$$

$$R_e = (4 \cdot 0,15) / (\pi \cdot 0,0387 \cdot 9,35 \cdot 10^{-6}) = 5,37 \cdot 10^5$$

Con estos valores, encontraremos el factor de fricción en el diagrama de Moody. Como rugosidad absoluta, cogeremos el valor de 0'0015mm. (tubo estirado).

$$\frac{e}{D}$$

$$e / D = 0,0015 / 38,7 = 3,87 \cdot 10^{-5}$$

$$f = 0,014$$

A continuación, es detallado en la tabla los accesorios que serán instalados en cada tramo con su longitud equivalente, calculada a partir de la tabla y el ábaco de pérdida de los accesorios:

Tramo	\varnothing "	Accesorios	L (m)
LAI	1"5/8"	2 codos 90°	1,80
		1 cambio sección	0,90
		1 derivación T	2'80

Ahora ya disponemos de todos los datos para poder calcular la caída de presión en la LAI.

$$\Delta P_T = \frac{f \cdot L_e \cdot v^2 \cdot \rho}{2 \cdot D}$$

$$\Delta P_r = (0,015 \cdot 10 \cdot 9,58^2 \cdot (1/0,075)) / (2 \cdot 0,0387) = 2374,40 \text{ Pa}$$

A continuación podemos observar todos los valores obtenidos para el tramo:

	Le (m)	v (m/s)	Re	e/D	f	ΔP_r (Pa)
LAI	10	9,58	$5,37 \cdot 10^5$	$3,87 \cdot 10^{-5}$	0,015	2374,40

Según la gráfica que nos relaciona la caída de presión y temperatura de saturación, a 0°C el valor es aproximadamente de:

$$\Delta P / \Delta T \text{ (kPa/k)} = 20$$

$$\Delta T = 2,37 / 20 = 0,11$$

Como la caída en forma de temperatura es inferior a 1°C, podemos afirmar que los diámetros seleccionados son los correctos.

12.7.2 Línea descarga

La línea de descarga estará formada por un solo tramo que irá desde el compresor al condensador.

La longitud del tramo de descarga será de 10m. 5m serán instalados en dirección horizontal y los otros 5m en vertical. (Recordar que el condensador estará situado en la cubierta, mientras que el compresor lo encontraremos afuera de la cámara, en un apartado para ello y la salida del conducto de descarga estará a 1,5m del nivel del suelo).

En la descarga, el fluido refrigerante se encuentra en estado de vapor recalentado a 80°C, según las condiciones de descarga que nos da el fabricante.



El caudal másico de este tramo será el mismo que para el tramo de aspiración, tramo de entrada al compresor.

$$m = 0,15 \text{ kg/s}$$

Con una tubería de diámetro interior 38,7mm, obtenemos la siguiente velocidad de circulación del fluido:

$$v = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho}$$

$$v = (4 \cdot 0,15) / (\pi \cdot 0,0387^2 \cdot 13,56) = 9,58 \text{ m/s}$$

Viscosidad dinámica del refrigerante en la línea de descarga:

$$\mu_{\text{vapor}} = (A + B \cdot T) \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_{\text{vapor}} = (9,3506 + 0,00976 \cdot (80)) \cdot 10^{-6} = 1,013 \cdot 10^{-5}$$

El número de Reynolds en el tramo LD (línea descarga), será:

$$Re = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D \cdot \mu}$$

$$Re = (4 \cdot 0,15) / (\pi \cdot 0,0387 \cdot 1,013 \cdot 10^{-5}) = 4,96 \cdot 10^5$$

Con estos valores, encontraremos el factor de fricción en el diagrama de Moody. Como rugosidad absoluta, cogeremos el valor de 0,0015mm. (tubos estirados).

$$\frac{e}{D}$$

$$e / D = 0,0015 / 38,7 = 3,876 \cdot 10^{-5}$$

$$f = 0,013$$

A continuación, es detallado en la tabla los accesorios que serán instalados en el tramo de descarga con su longitud equivalente, calculada a partir de la tabla y el ábaco de pérdida de los accesorios:

Tramo	Ø "	Accesorios	L (m)
LD	1"5/8"	2 codos a 90°	1,80
		1 válvula	0,60

Ahora ya disponemos de todos los datos para poder calcular la caída de presión en LD.

$$\Delta P_T = \frac{f \cdot L_e \cdot v^2 \cdot \rho}{2 \cdot D}$$

$$\Delta P_T = (0,013 \cdot 10 \cdot 9,58^2 \cdot (1/0,075)) / (2 \cdot 0,0387) = 2057,81 \text{ Pa}$$

El estado de vapor en la descarga no es de saturación, sin embargo, conocemos la temperatura correspondiente a la saturación a la presión de descarga.

Según la gráfica que nos relaciona la caída de presión y de temperatura para estados de saturación, a 50°C el valor aproximadamente de 50:

$$\Delta P / \Delta T \text{ (kPa/k)} = 50$$

$$\Delta T = 2,057 / 50 = 0,041$$

Como la caída en forma de temperatura es inferior a 1°C, podemos afirmar que el diámetro seleccionado es el correcto.

12.7.3 Línea de líquido

La línea de líquido, al igual que sucede con la línea de aspiración, tendrá un tramo, (LLI).

Longitud redondeada en metros y potencia de cada tramo.

	<i>Long. (m)</i>	<i>Po. (kW)</i>
LLI	10	26

En la tabla podemos apreciar que la potencia de los tramos es la misma que en la aspiración pero en sentido inverso.

A efectos de cálculo, en la línea de líquido el fluido refrigerante se encuentra en estado de saturación a 50°C (temperatura de condensación).

De la misma forma que se hizo para el tramo de aspiración, a continuación será detallado el cálculo de un tramo de la línea de líquido (LLI).

$$m = \frac{P_e}{\Delta h_e}$$

$$m = 26 / 170 = 0,15 \text{ kg/s}$$

Ahora deberemos comprobar diferentes diámetros normalizados, con el fin de obtener velocidades inferiores a 2 m/s.

En el tramo *LLI*, la velocidad para un diámetro 32,7mm, será:

$$v = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D^2 \cdot \rho}$$

$$v = (4 \cdot 0,15 \cdot 0,0011) / (\pi \cdot 0,0327^2) = 0,20 \text{ m/s}$$

Caudales máscicos y velocidades de cada tramo:

	<i>m</i> (kg/s)	\varnothing (m)	<i>v</i> (m/s)
<i>LLI</i>	0,15	0,0327	0,20

Una vez aplicado el criterio de velocidades admisibles, debemos encontrar la pérdida de carga.

Viscosidad dinámica del refrigerante en la línea de líquido:

$$\mu_{\text{líquido}} = 10^{(A+B \cdot T)} \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_{\text{líquido}} = 10^{(2,1736 + (-0,002187) \cdot (50))} \cdot 10^{-6} = 1,15 \cdot 10^{-4}$$

El número de Reynolds en el tramo *LLI*, será:

$$R_e = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot D \cdot \mu}$$

$$R_e = (4 \cdot 0,15) / (\pi \cdot 0,0327 \cdot 1,15 \cdot 10^{-4}) = 5,13 \cdot 10^4$$

Con estos valores, encontraremos el factor de fricción en el diagrama de Moody. Como rugosidad absoluta, cogeremos el valor de 0,0015mm. (tubo estirado).

$$\frac{e}{D}$$

$$e / D = 0,0015 / 32,7 = 4,58 \cdot 10^{-5}$$

$$f = 0,018$$

A continuación, es detallado en la tabla los accesorios que serán instalados en el tramo de la línea de líquido con su longitud equivalente, calculada a partir de la tabla y el ábaco de pérdida de los accesorios:

Tramo	\varnothing "	Accesorios	<i>L</i> (m)
<i>LLI</i>	1"3/8"	2 codos a 90°	2'02
		1 válvula	0,27
		1 derivación T	0'65

Ahora ya disponemos de todos los datos para calcular la caída de presión en la línea *LL1*. El condensador se encuentra en la cubierta a 2 m de altura.

Al tratarse de líquido, la densidad no se puede despreciar y deberemos tener en cuenta el desnivel.

$$\Delta P_T = \left[f \cdot \frac{(L_e \cdot v^2)}{(2 \cdot D \cdot g)} + (z_1 - z_2) \right] \cdot (\rho \cdot g)$$

$$\Delta P_T = [0,018 \cdot ((10 \cdot 0,20^2) / (2 \cdot 0,032 \cdot 9,81)) + (2 - 0)] \cdot ((1 / 1,11 \cdot 10^{-3}) \cdot 9,81) = 17,57 \text{ Pa}$$

En la tabla siguiente podemos observar las pérdidas de presión y demás valores obtenidos para cada tramo:

	<i>Le (m)</i>	<i>v (m/s)</i>	<i>Re</i>	<i>e/D</i>	<i>f</i>	<i>ΔPT (Pa)</i>
<i>LL1</i>	<i>10</i>	<i>0,20</i>	<i>5,13·10⁴</i>	<i>4,58·10⁻⁵</i>	<i>0,018</i>	<i>17,57</i>

Según la gráfica que nos relaciona la caída de presión y de temperatura para estados de saturación, a 50°C el valor aproximadamente de 50:

$$\Delta P / \Delta T \text{ (kPa/k)} = 50$$

$$\Delta T = 17,57 / 50 = 0,35 \text{ °C}$$

Como la caída en forma de temperatura es de 0,35°C, podemos decir que los diámetros seleccionados son correctos.

12.7.4 Resumen dimensionado tuberías

A nivel de resumen, tenemos una tabla con el total de metros de cada sección que serán necesarios para la instalación y para la realización del presupuesto:

	<i>Ø "</i>	<i>Ø (mm)</i>	<i>L (m)</i>
<i>LA1</i>	<i>1"5/8"</i>	<i>0,0387</i>	<i>16,5</i>
<i>LD</i>	<i>1"5/8"</i>	<i>0,0387</i>	<i>12,4</i>
<i>LL1</i>	<i>1"3/8"</i>	<i>0,0327</i>	<i>12,94</i>

El total de conductos suman **41,84 m**.

13.8. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS

El RITE establece como realizar el dimensionado del aislamiento térmico para la red de tuberías.

Según el RITE, todos los equipos, accesorios y aparatos dispondrán de aislamiento cuando:

- * Tengan temperatura menor a la del local por donde pasan los conductos.
- * Cuando tengan temperatura superior a 40°C y estén instalados en local no climatizado.

Según la instrucción técnica, cuando la potencia de frío o calor es inferior a 70KW, como en nuestro caso, el espesor mínimo de aislante se puede obtener siguiendo dos métodos diferentes:

- * Procedimiento simplificado.
- * Procedimiento alternativo.

Por su simplicidad en el método, usaré el procedimiento simplificado.

Cuando es utilizado un material aislante con conductividad térmica de 0,023(W/m °C), el espesor del aislante va relacionado en función del diámetro de la tubería y de la temperatura máxima o mínima del fluido que circulará.

Según las tablas de la normativa, los diámetros obtenidos del dimensionado de los conductos y la temperatura de circulación en cada línea, los espesores mínimos que deberá tener cada tramo será:

<i>Línea</i>	<i>Tramo</i>	<i>(") Ø</i>	<i>Ø (mm)</i>	<i>Temp. (°C)</i>	<i>Esp. mín.(mm)</i>
<i>Aspiración</i>	<i>LA1</i>	<i>1"5/8"</i>	<i>0,0387</i>	<i>0</i>	<i>40</i>
<i>Descarga</i>	<i>LD</i>	<i>1"5/8"</i>	<i>0,0387</i>	<i>80</i>	<i>30</i>
<i>Líquido</i>	<i>LL1</i>	<i>1"3/8"</i>	<i>0,0327</i>	<i>50</i>	<i>25</i>



ESCULA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁMARA GERMINADORA DE SEMILLAS

DOCUMENTO 2

PLANOS

Alumno: Pablo Castillejo Hernández

Tutor: Juan José Aguas Alcalde

Pamplona, 30 de Abril del 2014



ÍNDICE

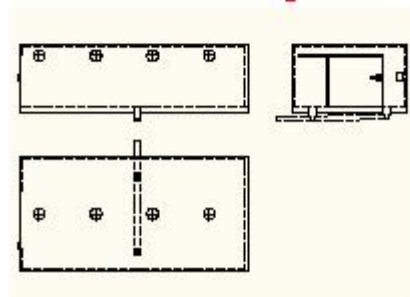
1. SITUACION Y EMPLAZAMIENTO.....	3
2. MONTAJE DE LA CÁMARA DE GERMINACIÓN.....	4
3. CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA CÁMARA.....	6
4. PLANOS, PUERTA Y CÁMARA DE GERMINACIÓN.....	8

1. SITUACION Y EMPLAZAMIENTO

La cámara de germinación estará ubicada en la localidad de **Valtierra** en el territorio conocido como “campo” que corresponde: a polígono 5, parcela 153.

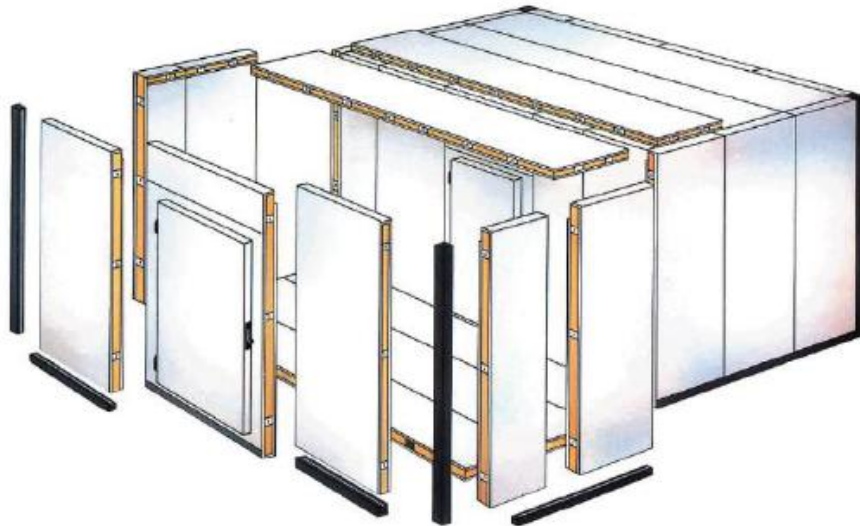


El lugar del invernadero donde irá situada

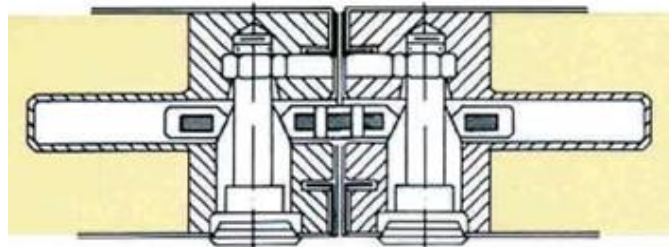


2. MONTAJE DE LA CÁMARA DE GERMINACIÓN

* La cámara se montara mediante módulos prefabricados con el espesor correspondiente.



Detalle de la unión entre paneles



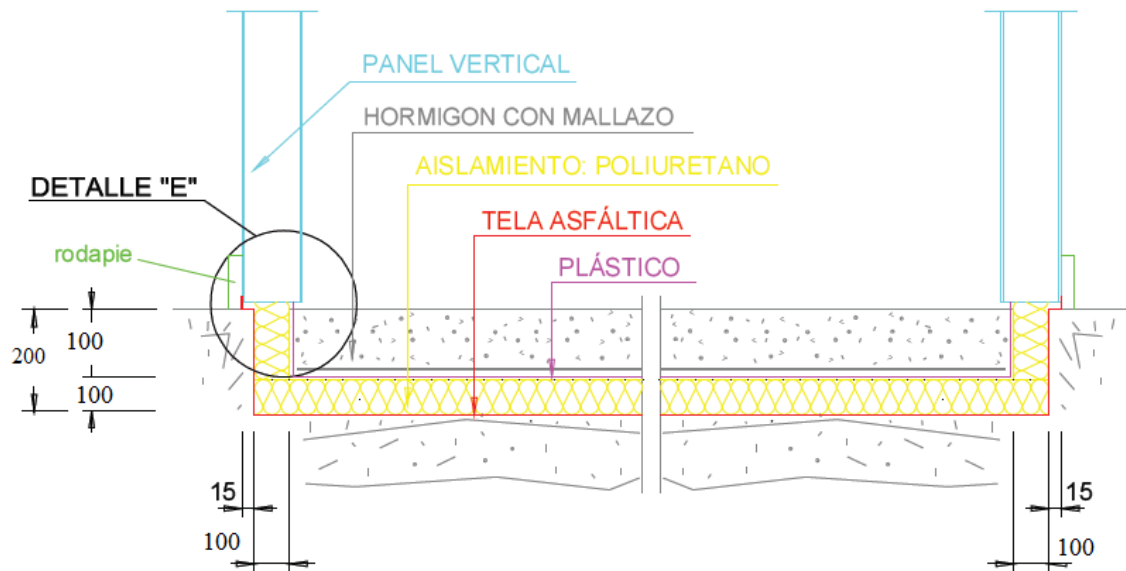
<i>Tipo de Panel</i>	<i>Poliuretano expandido, entre Chapas de acero galvanizado, tipo sándwich.</i>
<i>Espesor en (mm)</i>	<i>100</i>
<i>Conductividad térmica (W/m °C)</i>	<i>0,023</i>
<i>Densidad (kg/m³)</i>	<i>40/42</i>

Las dimensiones serán

<i>Largo</i>	<i>10 m</i>
<i>Ancho</i>	<i>5 m</i>
<i>Alto</i>	<i>3 m</i>
<i>Volumen</i>	<i>150 m³</i>

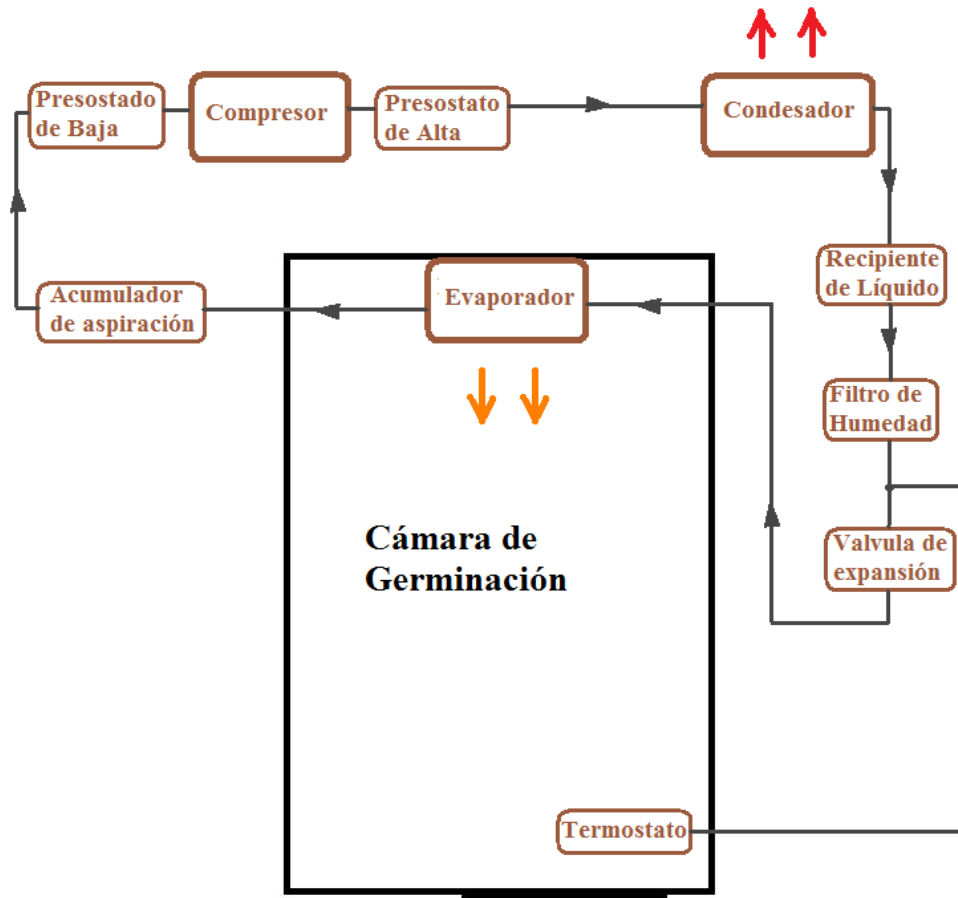
*** Montaje del suelo de la cámara.**

La sección del suelo irá como se ve en este dibujo, (las cotas están en mm).

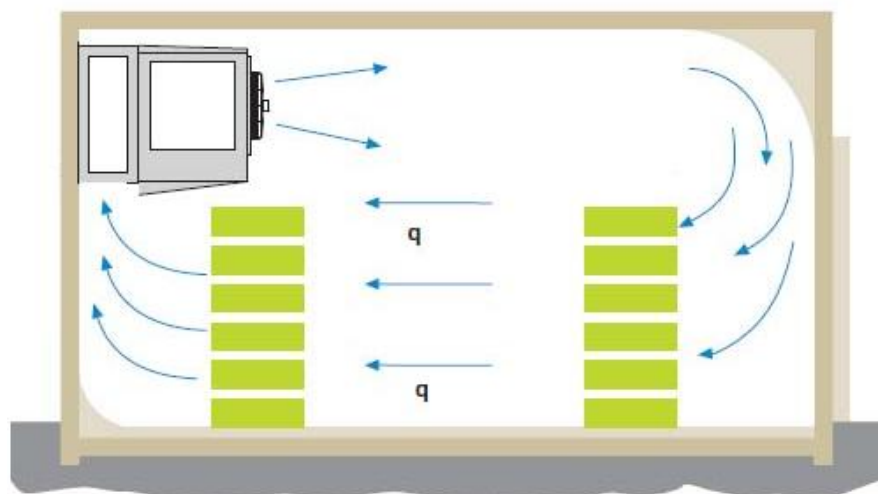
SECCIÓN DEL TIPO DE LA CÁMARA

3. CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA CÁMARA

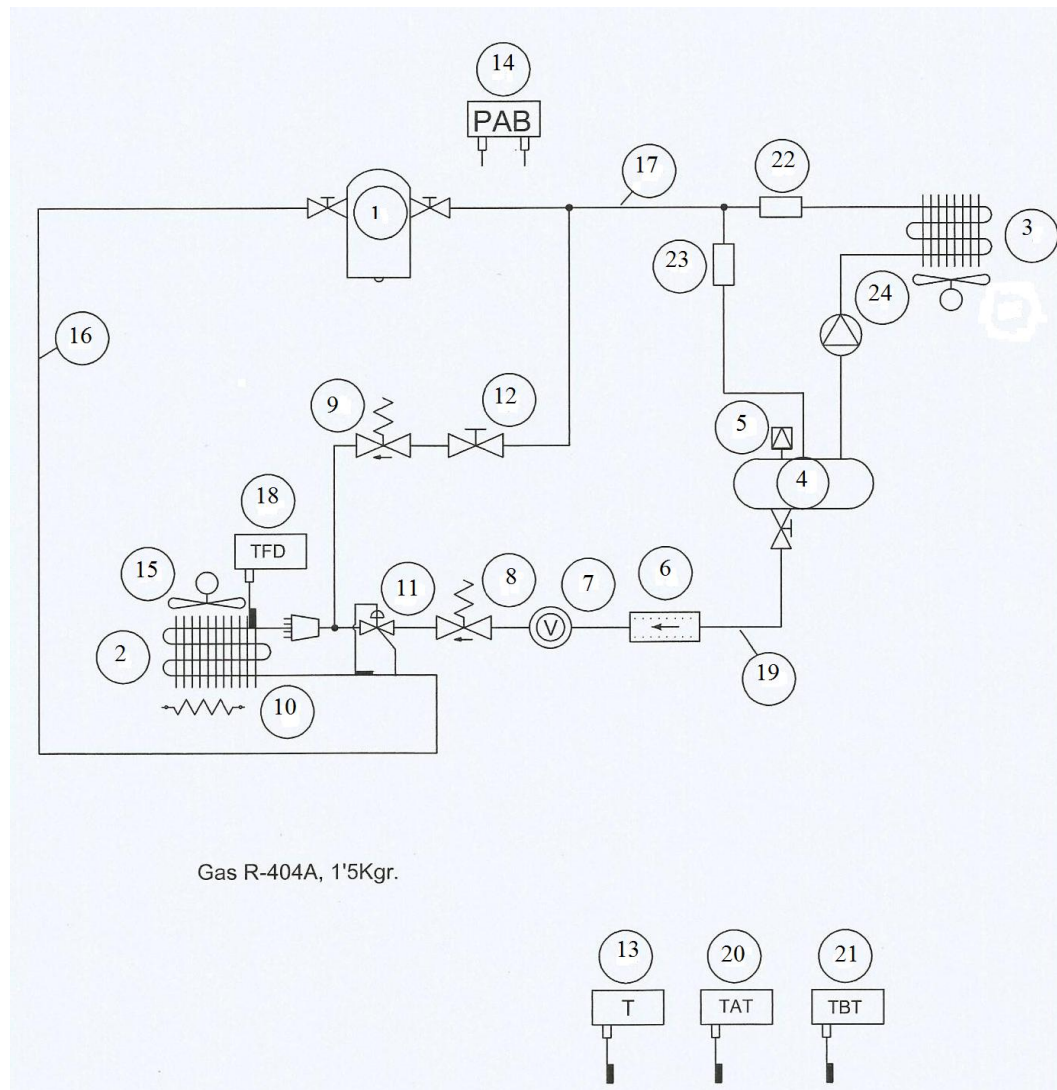
* Los elementos de regulación irán montados según este esquema.



Deberá tener una buena refrigeración por todos los lados de cámara logrado así que se reparta el calor homogéneamente.



*** Esquema de la cámara de germinación, conexiones del circuito.**



REF. ELEMENTO:

1- Compresor	7- Visor Líquido	13- Termostato	19- Tubería de Líquido
2- Evaporador	8- Solenoide	14- Presos tato, alta y baja	20- Termostato de Alta
3- Condensador	9- Solenoide	15- Ventilador evaporador	21- Termostato de Baja
4- Recipiente del Líquido	10- Resistencia recalentamiento	16- Tubería de aspiración	22- Válvula de control de condensación
5- Válvula de seguridad	11- Válvula termostática	17- Tubería de descarga	23- Válvula de control condensación
6- Filtro deshidratador	12- Llave de bay pass	18- Termostato	24- Válvula anti retorno

4. PLANOS, PUERTA Y CÁMARA DE GERMINACIÓN

La puerta será una puerta corredera que tendrá estas dimensiones:



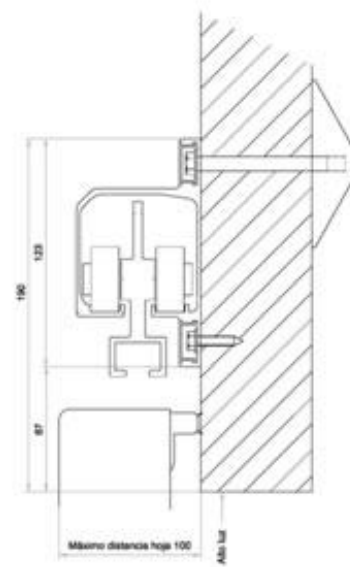
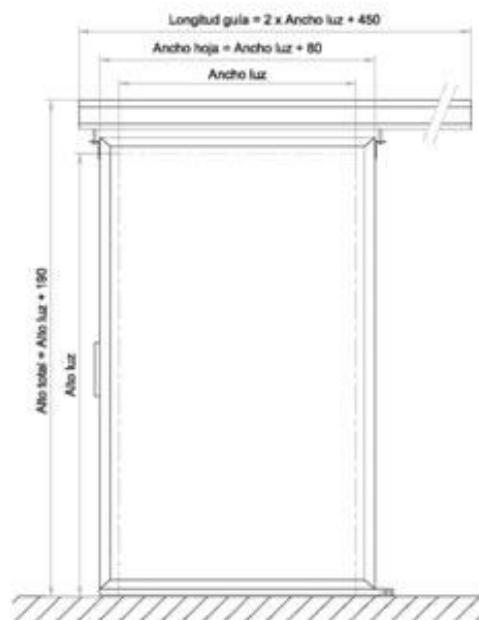
Dimensiones máximas	Medidas hueco panel
---------------------	---------------------

Alto luz	Max. 2.6m
Ancho luz	Max. 2.1m
Otras medidas especiales bajo demanda	

Sin marco: Ancho hueco = Ancho luz
Con marco: Ancho hueco = Ancho luz + 100



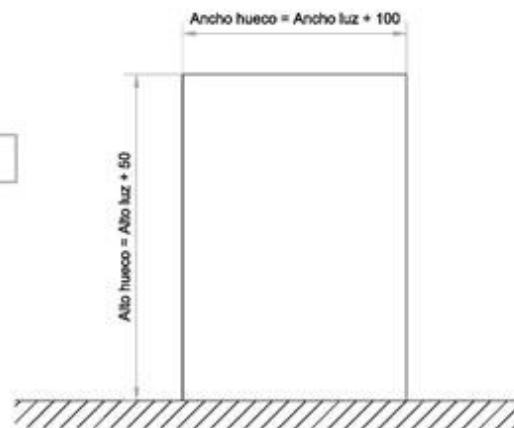
Dimensiones genéricas	Detalle fijación
-----------------------	------------------



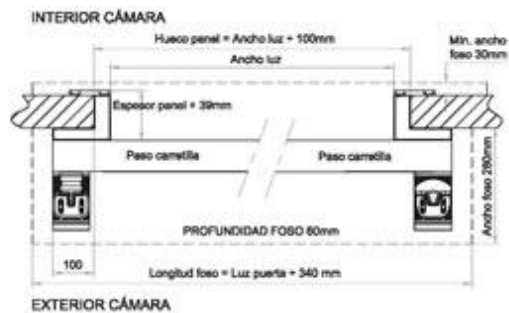
Dimensiones máximas

Alto luz.	Max. 2,6m
Ancho luz.	Max. 2m
Otras medidas especiales bajo demanda	

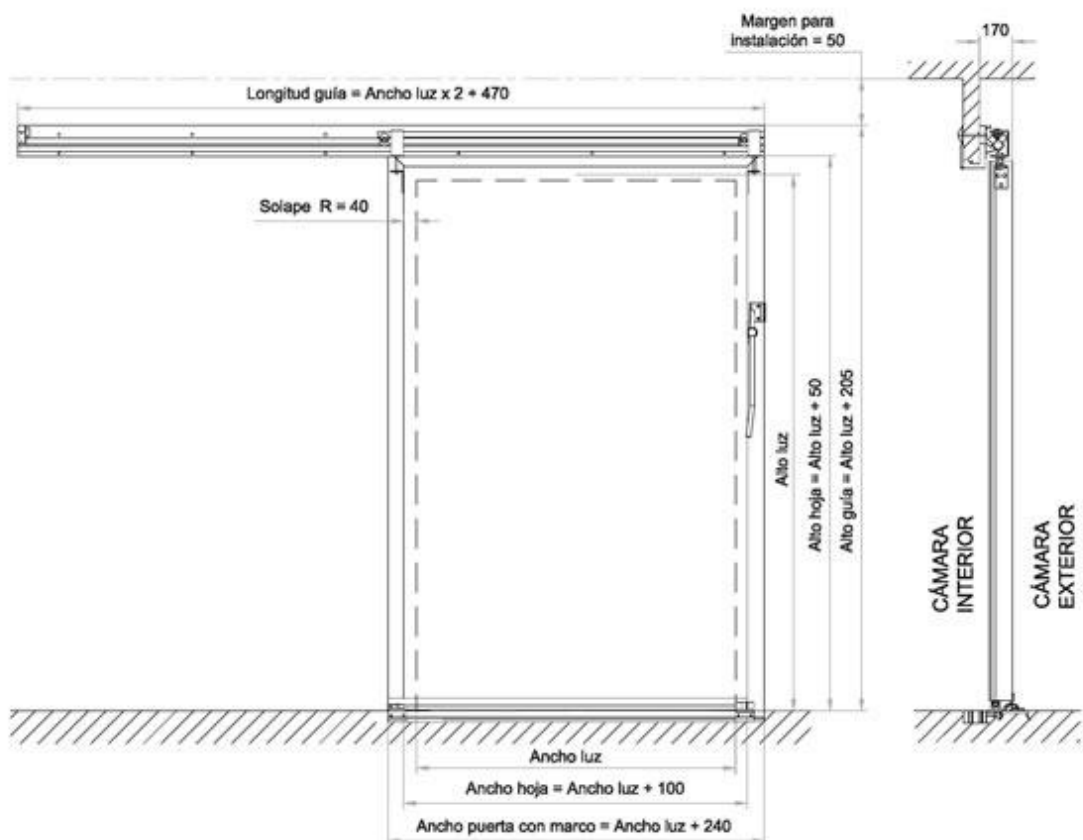
Medidas hueco panel

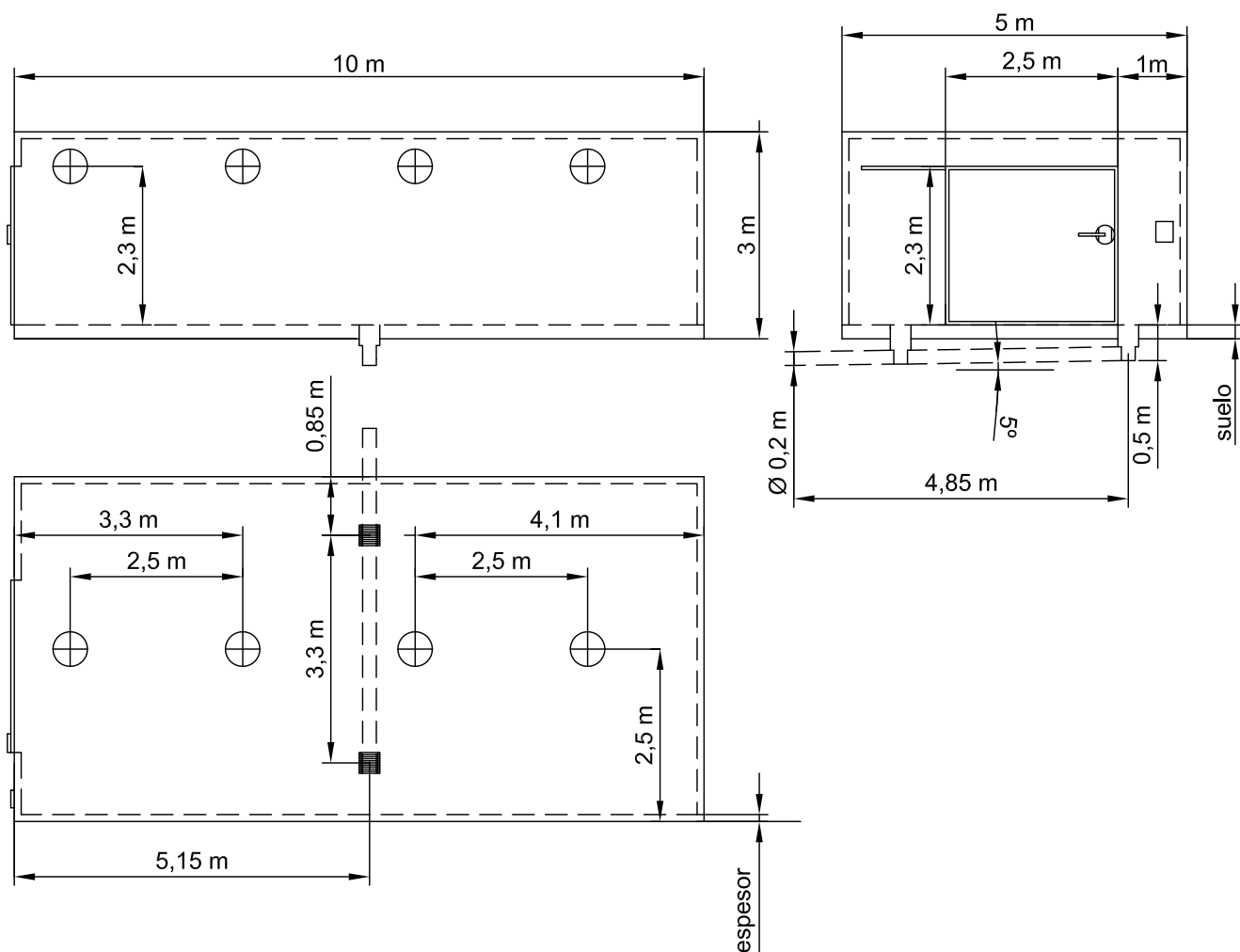


Dimensiones foso planta



Dimensiones genéricas





Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

**INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.**

DEPARTAMENTO:
**DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES**

PROYECTO:

**CAMARA GERMINADORA DE
SEMILLAS**

REALIZADO:

CASTILLEJO, PABLO

FIRMA:

FECHA:
30/04/14

ESCALA:
1:100

Nº PLANO:
-

ALZADO, PLANTA Y PERFIL



ESCULA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁMARA GERMINADORA DE SEMILLAS

DOCUMENTO 3

PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Pablo Castillejo Hernández

Tutor: Juan José Aguas Alcalde

Pamplona, 30 de Abril del 2014

ÍNDICE

1. CONDICIONES ECONÓMICO LEGALES.....	4
1.1. DEFINICIÓN DE LA OPERACIÓN.....	4
1.2. IMPORTE DEL CONTRATO.....	4
1.3. FORMALIZACIÓN DEL CONTRATO.....	4
1.4. CESIÓN DEL CONTRATO.....	5
1.5. CONTENIDO DE LOS PRECIOS UNITARIOS.....	5
1.6. CONDICIONES DE PAGO.....	7
1.7. TRABAJOS NO PREVISTOS.....	8
1.8. OBRAS DEFECTUOSAS.....	8
1.9. LIQUIDACIÓN.....	8
1.10. PROPIEDAD DE LAS OBRAS.....	9
1.11. SEGUROS.....	9
1.12. LITIGIOS.....	9
1.13. RUPTURA DEL CONTRATO.....	9
1.14. DAÑOS Y PERJUICIOS.....	10
1.15. CAPACIDAD DE LA EMPRESA.....	10
1.16. PARO DE OBRA.....	11
2. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN.....	12
2.1. PERIODO DE PREPARACIÓN.....	12
2.2. REPRESENTANTES.....	12
2.3. REUNIONES DE OBRA.....	12
2.4. LOCALES PROVISIONALES.....	13
2.5. CONDICIONES GENERALES DE PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	14
2.6. PERSONAL DEL CONTRATISTA.....	14
2.7. CALIDAD DE LOS TRABAJOS.....	15
2.8. MUESTRAS.....	15
2.9. HIGIENE, SEGURIDAD Y LIMPIEZA.....	16
2.10. PLAZOS DE EJECUCIÓN.....	16
2.11. PENALIZACIÓN POR RETRASO.....	17
2.12. HITOS DE FINALIZACIÓN DE LAS OBRAS.....	17
2.13. RECEPCIÓN PROVISIONAL.....	17
2.14. RECEPCIÓN DEFINITIVA.....	19
2.15. LIQUIDACIÓN FINAL.....	19
2.16. PLAZO DE GARANTÍA.....	20
2.17. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE OBRA CIVIL.....	20
2.18. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE ELECTRICIDAD.....	21
2.19. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE FONTANERÍA.....	21
2.20. TRABAJOS A CARGO DE TODOS LOS CONTRATISTAS.....	21
2.21. DOCUMENTACIÓN PARA OFERTAR.....	22
2.22. CUENTA DE GASTOS A PRORRATEO.....	22
3. ANEXO: MODELO DE CARTA DE COMPROMISO.....	25



4. CONDICIONES TÉCNICAS.....	26
4.1. DISPOSICIONES GENERALES.....	26
4.1.1. ALCANCE DEL SUMINISTRO.....	26
4.1.2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS.....	26
4.1.3. ALCANCE DE LAS ESPECIFICACIONES.....	26
4.1.3.1. Generalidades.....	26
4.1.3.2. Materiales y equipos.....	27
4.1.3.3. Varios.....	27
4.2. MATERIALES.....	28
4.2.1. ESPECIFICACIONES DE CARÁCTER GENERAL.....	28
4.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	28
4.2.2.1. Tuberías de refrigerante (R-404 A).....	28
4.2.2.2. Aislamiento de las tuberías.....	29
4.2.2.3. Válvulas de seguridad.....	29
4.2.2.4. Válvulas general.....	29
4.2.2.5. Manómetros.....	29
4.2.2.6. Compresores.....	30
4.2.2.7. Sistema de control de aceite.....	30
4.2.2.8. Condensadores.....	31
4.2.2.9. Evaporadores.....	31
4.2.2.10. Electricidad.....	31
4.2.2.11. Cuadros eléctricos.....	33
4.2.2.12. Instalación de cables.....	34
4.2.2.13. Sistema de regulación de centrales frigoríficas y condensadores.....	34
4.2.2.14. Gestión centralizada.....	35

1. CONDICIONES ECONÓMICO LEGALES

1.1. DEFINICIÓN DE LA OPERACIÓN

Los contratos establecidos tienen por objeto la realización de los trabajos necesarios para el Acondicionamiento de la cámara germinadora, situada en la localidad de Valtierra (Navarra), situada en el polígono 5 parcela 153, que estará situada dentro de un invernadero particular.

1.2. IMPORTE DEL CONTRATO

Los contratos para cada capítulo se cerrarán a un PRECIO ALZADO TOTAL que será el resultado de sumar los productos de los PRECIOS UNITARIOS de cada partida por la medición correspondiente expresada en el estado de mediciones del proyecto y comprobada por el contratista en los planos de estudio de presupuesto antes de la adjudicación. Este PRECIO ALZADO TOTAL no cambiará si no se hacen modificaciones de proyecto ni de modificación de partidas.

En el caso de no ejecución de ciertas partidas o disminución de la cantidad ejecutada, su valor se calculará en base a mediciones sobre plano de lo no ejecutado y precios contractuales.

Al PRECIO ALZADO TOTAL se le añadirá el IVA.

El PRECIO ALZADO TOTAL irá expresado en Euros con dos decimales.

1.3. FORMACIÓN DEL CONTRATO

El conjunto de documentos que se enumeran a continuación, constituirá, una vez aceptados y firmados por cada una de las partes, el contrato de adjudicación:

- 1- Carta de compromiso escrita por el CONTRATISTA, con el precio alzado total, haciendo referencia al resto de documentos.
- 2- Programa de obra.
- 3- Descripción de los trabajos de cada capítulo.
- 4- Planos del proyecto.
- 5- El presente pliego de condiciones.

NOTA: el estado de mediciones comprobado y los precios unitarios alzados que justifican el IMPORTE ALZADO TOTAL incluido en la carta de compromiso, no constituyen partes del contrato, pero serán utilizados para el cálculo de las certificaciones y para la valoración de los trabajos que resulten de modificaciones del proyecto hechas por la propiedad. El CONTRATISTA no tendrá derecho a reclamación alguna, una vez formalizado el CONTRATO, si hay errores de medición, ni se harán comprobaciones en



obra, Sólo se realizarán mediciones de las partes modificadas en las partidas en las que se introduzcan cambios después de formalizar el CONTRATO.

En su oferta, en anexo, indicará las diferencias de medición que haya encontrado.

Tendrá que incluir en su oferta todos los trabajos y materiales que juzgue necesarios para un perfecto acabado de los trabajos y que hayan sido olvidados en el Proyecto.

Después de la firma del CONTRATO no se admitirán reclamaciones por olvidos o errores en el proyecto y se verá obligado a incorporar los elementos necesarios para un perfecto acabado de los trabajos.

1.4. CESIÓN DEL CONTRATO

El CONTRATISTA no puede ceder en su totalidad su contrato a otra empresa.

En caso de ceder parte del mismo a otra empresa, debe contar con la autorización previa del COORDINADOR.

Esta actuación no eximirá al CONTRATISTA de ninguna de sus obligaciones contratadas. Será responsable de todas las acciones, deficiencias o negligencias de las empresas que subcontrate.

El COORDINADOR podrá controlar que todo el personal de la obra esté dado de alta en la S.S. para ello el CONTRATISTA entregará la documentación que se exija.

1.5. CONTENIDO DE PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios irán expresados en Euros con tres decimales.

Los precios unitarios comprenden todos los gastos necesarios propios de la empresa CONTRATISTA. Los principales, aunque la lista no es limitativa, son:

1- Gastos de mano de obra, comprendiendo las cargas sobre salarios, desplazamiento, primas, indemnizaciones, plusvalías por trabajos en horas suplementarias, días festivos, o noche.

2- Los gastos de elevación a escritura pública del contrato de adjudicación, incluidos los tributos o gastos notariales y de cualquier otro tipo, si así fuese requerido por alguna de las partes

3- Los tributos, impuestos, tasas, aranceles, derechos y cuantos gastos de cualquier clase que puedan gravar la contrata o la obra ejecutada, excepto el impuesto sobre el valor añadido (IVA), que será repercutido como partida independiente.

4- Gastos de materiales, utillaje, herramientas, máquinas, etc., impuestos manutención, desperfectos o pérdidas y su transporte, carga y descarga.

5- Gastos de estudios, cálculos y dibujos de ejecución de la empresa.



6- Gastos producidos por la redacción de Proyectos para la legalización de las diferentes instalaciones (tanto provisionales como definitivas) por la Delegación o Consejería de Industria, así como los producidos por la Dirección de Obra oficial y por las gestiones ante organismos oficiales para la aprobación de los mismos. Incluyendo los gastos de tasas y derechos de visado de los Colegios Profesionales Oficiales del técnico competente. Este apartado es de aplicación para todos los Contratistas que deban legalizar sus instalaciones en Industria (electricidad alta y baja tensión, climatización y ventilación, fontanería, protección contra incendios, frío industrial, neón, montacargas, etc.)

7- Gastos para ejecución de planos y documentación una vez finalizada la obra, documentación compuesta por dossier cuadruplicado:

- Planos completos y acotados, planos de distribución y de todas las instalaciones realizadas, con el fin de que quede la debida constancia de la totalidad de la obra e incluyendo todas las modificaciones que durante el transcurso de la misma hayan tenido lugar, facilitando de este modo cualquier trabajo de reparación o modificación que resultase necesario llevar a cabo con posterioridad (en una memoria USB y en papel)
- Protocolos de todas las pruebas realizadas por el contratista para la recepción provisional
- Manuales de mantenimiento de todas las instalaciones efectuadas
- Dossier de certificaciones de calidad y garantía de todos los materiales empleados
- Reportaje fotográfico de la obra una vez acabada
- Permisos oficiales de funcionamiento de las instalaciones
- Lista valoradas de repuestos
- Relación de todas las unidades y equipos montados, indicando marca, modelo, características y fabricante (domicilio, teléfono y fax)
- Esquemas generales de funcionamiento con identificación numerada de todos los elementos (válvulas, elementos de control, elementos de seguridad, etc.) debidamente enmarcados y protegidos con cristal no reflectante.

8- Gastos para la vigilancia de sus materiales y herramientas, conservación y reparaciones, por deterioro o destrucción de materiales, incluso puesto en obra, cualquiera que fuese el responsable.

9- Gastos de vallas y andamios, incluso permisos y licencias para la colocación de éstos, si fueran necesarios.

10- Los gastos por daños y perjuicios ocasionados así mismo o a otros.

11- Los gastos de análisis, ensayos y muestras de materiales, indicado en el capítulo correspondiente de las condiciones Generales de Ejecución.

12- Los gastos generales de Empresa y el Beneficio Industrial.

13- Los gastos de sus instalaciones de Seguridad y salud

14- Los gastos de instalaciones provisionales, almacenes, etc., montaje, desmontaje, mantenimiento y limpieza

15- Los gastos de limpieza y evacuación cotidiana de sus escombros, desechos, material inutilizado, etc., y su transporte a vertedero.



16- Los gastos previstos en el presente Pliego de Condiciones.

17- El CONTRATISTA tendrá en cuenta en la elaboración de los precios de cada partida, aquellos elementos necesarios para su total acabado, tales como materiales, elementos de fijación, de remate, etc. Si los remates de sus trabajos no están previstos en partida distinta, el precio de los mismos se incorporará al de la partida correspondiente.

18- Los gastos de la cuenta a prorratio y de control de calidad, que serán retenidos en cada certificación según se expresa a continuación.

1.6. CONDICIONES DE PAGO

El CONTRATISTA al final de su oferta, establecerá el precio alzado total, teniendo en cuenta que la modalidad de pago será la siguiente:

- El CONTRATISTA entregará al COORDINADOR original y tres copias de la certificación mensual, con fecha último día de cada mes presentándola antes del día 15 del mes posterior al facturado.
- Esta certificación vendrá expresada en todos los conceptos en Euros con dos decimales.
- Esta certificación incluirá sólo los trabajos o unidades ejecutadas en el mes de referencia, haciendo una anotación de certificaciones totales a origen.
- De dicho importe de certificaciones se retendrá, indicándolo en la factura lo siguiente:
10% (diez por ciento) en concepto de garantía.
- De dicho importe de certificaciones se deducirá, indicándolo en la factura lo siguiente:
3% (tres por ciento) en concepto de cuenta de prorratio
1% (uno por ciento) en concepto de control de calidad
- En el plazo máximo de 15 días laborables, el COORDINADOR visará la factura, o la devolverá al CONTRATISTA exponiendo las objeciones para su rechazo. La factura conformada por el COORDINADOR será entregada por éste a la PROPIEDAD, que efectuará el pago de la forma siguiente: mediante letra domiciliada sin aceptar a 180 días, siendo los timbres por cuenta del CONTRATISTA
- La conformidad o aceptación de la certificación, no representa la aceptación de las obras realizadas, sino que se considera un pago a buena cuenta, hasta la recepción definitiva
- El periodo de garantía será de un año a partir de la fecha de la recepción provisional, la devolución del 10% en concepto de garantía se realizará según lo especificado en el apartado "Recepción Definitiva".
- Este importe no será canjeable por aval durante el periodo de garantía.



1.7. TRABAJOS NO PREVISTOS

El PRECIO ALZADO TOTAL no cambiará sino se cambian las especificaciones ni los planos del proyecto.

En caso de cambios en el proyecto, se verificarán las partidas y las cantidades de las mismas que resulten afectadas. La suma de los productos de las cantidades por el precio de las mismas expresado en el Contrato, aumentará o disminuirá el PRECIO ALZADO TOTAL, mediante comprobación con lo previsto en el contrato.

Si aparecen nuevas partidas no previstas o cambios en las especificaciones de las mismas, se elaborarán por parte del CONTRATISTA, precios contradictorios, que multiplicados por la cantidades de dichas partidas configurarán presupuestos adicionales. En caso de desacuerdo con los precios contradictorios por el CONTRATISTA, el COORDINADOR podrá hacer ejecutar dichos trabajos por otra empresa.

Ninguna partida no prevista se ejecutará sin la previa aprobación del COORDINADOR. Para ello se aplicarán los precios de mano de obra y de materiales presentados por el CONTRATISTA en la oferta, a las cantidades que se deriven de la ejecución de dichos trabajos.

Para dar comienzo a cualquier trabajo por administración, el COORDINADOR tiene que dar una ORDEN DE TRABAJO, por escrito, especificando el mismo, y con su conformidad.

1.8. OBRAS DEFECTUOSAS

El COORDINADOR puede retener una certificación, si se han observado por su parte obras defectuosas, reclamaciones o evidencias razonables de su probabilidad de que surjan reclamaciones. Dicha retención dejará de ser efectiva cuando estas causas desaparezcan.

Si el COORDINADOR, durante la ejecución de las obras o al finalizar las mismas, encuentra defectos por mala o deficiente calidad de los materiales de ejecución de alguna partida, y determine no obligar a rehacer las mismas al CONTRATISTA, podrá anular el precio contratado y pactar otro precio por las mismas, ajustado a la importancia del defecto observado a juicio del COORDINADOR.

1.9. LÍQUIDACIÓN

El CONTRATISTA presentará, una vez finalizada la obra, una liquidación final cuyo importe será el del contrato con las modificaciones, si las hubiese.



1.10. PROPIEDAD DE LAS OBRAS

Todas las obras realizadas o materiales puestos en la obra por el CONTRATISTA serán, una vez pagados por certificación, propiedad de la PROPIEDAD, pero a efectos de reposiciones, reparaciones, etc., por robo o degradación, el responsable será el CONTRATISTA hasta la recepción provisional.

La PROPIEDAD puede ocupar para su actividad los locales, antes de que haya pronunciado la recepción provisional de la obra. El hecho de ocupar estos locales no invalida la responsabilidad del CONTRATISTA.

1.11. SEGUROS

Serán de cuenta del CONTRATISTA, la suscripción de pólizas de seguros que cubran los accidentes, daños o averías que su personal. Equipo o trabajos puedan sufrir y ocasionar al personal, equipo o instalaciones del resto de las empresas que trabajen en la obra.

Asimismo, contratará pólizas de seguros que sean necesarias para cubrir la total responsabilidad civil o fianzas penales en los trabajos a realizar, daños a terceros, así como para los riesgos de incendio, y/o robos de material y/o maquinaria.

En el caso de que se produzcan daños entre el CONTRATISTA y otros constructores o instaladores participantes en la obra el CONTRATISTA se compromete a resolver estos daños directamente con el constructor o instalador interesado, evitando cualquier reclamación que pudiera surgir hacia la PROPIEDAD.

1.12. LITIGIOS

Ambas partes, con renuncia expresa de su propio fuero, caso de que lo tuviesen, se someten expresamente a los Juzgados y Tribunales de Madrid, para cualquier diferencia, duda y/o discrepancia en la intervención del presente documento.

1.13. RUPTURA DEL CONTRATO

La PROPIEDAD puede decidir la ruptura de contrato, por los siguientes motivos:

- En caso de quiebra, suspensión de pagos o liquidación judicial del CONTRATISTA
- En caso de abandono de la instalación por el CONTRATISTA, si no hay incorporación al trabajo en un plazo de dos días, después del aviso del COORDINADOR.
- En caso de interrupciones reiteradas, sin abandono de la obra.
- En caso de retraso en la ejecución de los trabajos superior al 20% del tiempo total previsto para los mismos, siempre que sean por causa del

**CONTRATISTA**

- En caso de fraude en cuanto a la calidad de los materiales de ejecución
- En caso de incumplimiento grave de las cláusulas del presente documento.

La ruptura de contrato obliga al CONTRATISTA a abandonar la obra y liberar el emplazamiento que ocupan sus instalaciones en el plazo de 2 días desde la fecha de la comunicación.

En este caso el CONTRATISTA no tiene derecho a percibir cantidad alguna hasta la terminación de la obra.

Si el saldo impagado del precio del contrato fuese mayor que los gastos de terminación de la obra contratada, la PROPIEDAD pagará el sobrante al CONTRATISTA.

En caso contrario, éste resultará deudor de la diferencia, que deberá abonar a la PROPIEDAD en la misma forma en que estén pactadas las condiciones generales de pago, y a partir de la fecha en que esté realizada la liquidación definitiva.

La PROPIEDAD podrá en caso de ruptura del contrato, contratar con otra empresa la continuidad de los trabajos comprendidos en el mismo, en la forma que estime conveniente para su mejor realización y acabado.

1.14. DAÑOS Y PERJUICIOS

La PROPIEDAD podrá reclamar al CONTRATISTA los daños y perjuicios que le ocasione por razón de las causas o de los efectos de la ruptura del contrato.

La valoración de los mismos podrá ser disponible por la PROPIEDAD, con el fondo de las retenciones de garantía o el valor de las obras realizadas, pendientes de cobro por parte del CONTRATISTA.

En este caso, la valoración de los daños y perjuicios se descontarán de la liquidación de obra presentada por el CONTRATISTA.

1.15. CAPACIDAD DE LA EMPRESA

El CONTRATISTA declara y garantiza que tiene la capacidad económica y humana para llevar a cabo la realización de la obra. Que conoce perfectamente y que se le ha suministrado toda la información requerida con respecto a las condiciones de ejecución de la misma, y que los planos, suministros y trabajos que ha de realizar son los necesarios para el correcto y fiel cumplimiento de este contrato en todos sus aspectos.

El CONTRATISTA mantendrá siempre los medios económicos y humanos para llevar a buen fin la obra objeto del contrato, informando fehacientemente al COORDINADOR sobre cualquier embargo o procedimiento ejecutivo o concursal que contra él se dicte, respondiendo en todo caso del buen fin de la obra descrita.



1.16. PARO DE OBRA

Si por cualquier causa, tiene lugar un paro en la ejecución de la obra, el CONTRATISTA no podrá reclamar aumentos de precios ni indemnización alguna, manteniéndose en todos sus términos las cláusulas del contrato.

El programa de obra se retrasará tantos días como dure el paro de la obra, debiendo el CONTRATISTA, a la reanudación de la obra, continuar los trabajos en un plazo máximo de cinco días a partir de la fecha de la misma comunicada por el COORDINADOR, y con los tiempos de ejecución marcados en el programa de la obra.

Todo lo expresado se aplicará hasta un paro máximo de cinco meses. Pasado este tiempo, el CONTRATISTA podrá pedir revisión de los precios, aplicando los índices oficiales de revisión de precios.



2. CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN

2.1. PERIODO DE PREPARACIÓN

Antes de la ejecución de los trabajos, o durante la ejecución de los mismos, el CONTRATISTA presentará, para su aprobación, los planos generales y de detalle de sus trabajos que sean necesarios a juicio del COORDINADOR.

Asimismo, hará las previsiones de materiales, personal, etc., con antelación suficiente para la realización de los trabajos. No se admitirán por parte del COORDINADOR retraso por este concepto.

A petición del COORDINADOR el CONTRATISTA les entregará copias de los pedidos a sus proveedores en los que figure fecha de pedido, plazo de entrega y detalle de los materiales a suministrar.

2.2. REPRESENTANTES

El CONTRATISTA tendrá en permanencia en la obra, un técnico que pueda representarle, apto para tomar cualquier decisión. Éste no podrá ser cambiado sin previa comunicación por escrito por parte del CONTRATISTA, y aprobación por el COORDINADOR. Su misión consistirá en vigilar y ordenar los trabajos y recibir las órdenes del COORDINADOR. Éste podrá pedir al CONTRATISTA el cambio de su representante, si no lo considera apto para el desarrollo de sus funciones.

El representante del CONTRATISTA permanecerá en obra hasta que la recepción haya sido pronunciada. El COORDINADOR notificará al CONTRATISTA, el técnico que le represente, quien ejercerá las funciones de coordinación y dirección de la obras, la de control en los trabajos y de vigilancia de la aplicación de los términos del contrato.

Las instrucciones dadas por su representante tendrán carácter ejecutivo, y serán cumplidas por el CONTRATISTA, sin perjuicio de las demandas posteriores si las mismas no se ajustan a los términos del contrato.

2.3. REUNIONES DE OBRA

El COORDINADOR convocará al CONTRATISTA a cuantas reuniones de obra crea necesaria para el buen desarrollo de los trabajos y la coordinación con el resto de oficios.

El CONTRATISTA, por medio de su representante, tiene la obligación de asistir a las mismas. Presentará a petición del COORDINADOR o su representante, listados periódicos del personal y maquinaria que tengan en obra, distinguiendo categorías y oficios.



En caso de ausencia el COORDINADOR aplicará al CONTRATISTA una penalización de 250,00 €. En caso de retraso superior a 10 minutos, se aplicará una penalización de 100,00€. El importe de las penalizaciones se deducirá de las certificaciones mensuales.

El CONTRATISTA tiene la obligación de llevar a efecto las órdenes dadas por el COORDINADOR, O los acuerdos adoptados con otros CONTRATISTAS.

EL incumplimiento reiterado de las órdenes del COORDINADOR, a través de las personas que en obra le represente, será en último caso, motivo de rescisión de contrato. A este último, se podrá llegar a través de sanciones sucesivas que se fijan según el orden de gravedad.

- a) Orden verbal incumplida
- b) Orden escrita incumplida
- c) Multa de 100,00 €
- d) Multa de 500,00 €
- e) Multa de 1200,00 €

De lo acordado o establecido en cada reunión se levantará un acta que será firmada por todos los asistentes.

2.4. LOCALES PROVISIONALES

El PROMOTOR, indicará al CONTRATISTA el lugar y la superficie de terreno que podrá ocupar provisionalmente para la instalación de su oficina, taller o almacén en función de sus necesidades y del terreno disponible.

Este espacio reservado al CONTRATISTA para montar su almacén u oficina, tendrá que liberarse dentro de un plazo de quince días después de la fecha de terminación de la obra, señalada en el programa de obra.

En el mismo plazo se procederá a la limpieza del terreno ocupado, a la evacuación de sus deshechos y a la reparación de los daños causados.

En caso de retraso en el desmontaje de sus instalaciones o en limpieza del terreno ocupado, se aplicará una penalización de 500,00 € por día de retraso.



2.5. CONDICIONES GENERALES DE PREPARACIÓN DE LOS TRABAJOS

El CONTRATISTA habrá tenido en cuenta en la elaboración de su oferta, lo siguiente:

- Haber apreciado exactamente todas las necesidades para el perfecto desarrollo y ejecución de los trabajos, haber previsto todos los materiales y elementos, remates, sujeciones, etc., y en fin todo lo necesario para la correcta entrega de la obra, en todas sus cantidades y calidades.
- Haber procedido a una visita detallada del terreno, estudiando la configuración del mismo, accesos, dificultades, condiciones climatológicas, etc.

De la no observación de todo lo anterior será responsable el CONTRATISTA.

No se aceptará por parte del COORDINADOR ninguna reclamación por dichas causas.

2.6. PERSONAL DEL CONTRATISTA

Todo el personal que emplea u ocupe el CONTRATISTA para la ejecución de la obra estará bajo la única dirección y responsabilidad del mismo, siendo cuenta de éste los pagos de salarios y/o jornales, así como la seguridad social del mismo y cualquiera otra responsabilidad derivada de esta relación. Dicho personal estará empleado de acuerdo con la legislación vigente.

La PROPIEDAD bajo ningún supuesto tendrá responsabilidad alguna, laboral o de seguridad social, sobre el personal que emplee u ocupe el CONTRATISTA.

El CONTRATISTA empleará en la obra únicamente personal competente y cualificado para la realización de los distintos trabajos, el COORDINADOR podrá exigir la retirada inmediata de todo el personal que a su juicio tenga un comportamiento defectuoso, negligente o sea incompetente para la realización de los trabajos del contrato, a juicio del COORDINADOR.

El CONTRATISTA presentará, mensualmente los boletines de cotizaciones a la seguridad social TC-1 y TC-2, tanto de su personal directo, como del personal de las empresas que tenga a su vez subcontratadas



2.7. CALIDAD DE LOS TRABAJOS

El CONTRATISTA realizará las obras con los materiales y las calidades de ejecución indicados en LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS o, en su defecto, según las órdenes dadas por el COORDINADOR.

Cuando se adviertan por parte del COORDINADOR vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos instalados no reúne las condiciones perpetuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados estos, y antes de la recepción de la obra, el COORDINADOR podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas del CONTRATISTA.

SI el COORDINADOR tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos en las construcciones o instalaciones realizadas por el CONTRATISTA, ordenará efectuar en cualquier momento y antes de la recepción definitiva, las demoliciones que crea necesarias para reconocer los trabajos que suponga defectuoso.

Los gastos de demolición y reconstrucción serán por cuenta del CONTRATISTA.

Los controles de calidad de los materiales y su ejecución se realizarán según lo perpetuado en las normas explicativas indicadas en las Especificaciones Técnicas, adoptándose los criterios de no aceptación que señalen dichas normas.

El CONTRATISTA debe comunicar cuantos defectos crea observar, tanto de la documentación técnica como en las órdenes de ejecución recibidas, por escrito, cuando estos puedan influir en la calidad e idoneidad de los trabajos a realizar.

En caso de no hacerlo, será responsable de los defectos y perjuicios que se puedan derivar de la ejecución de dichos trabajos.

2.8. MUESTRAS

El CONTRATISTA deberá someter a la aprobación del COORDINADOR muestras de todos los materiales y elementos de instalaciones que tengan que utilizarse.

Así mismo, el COORDINADOR podrá exigir los ensayos de materiales que crea necesario que sobre ellos fijan las Normas Técnicas correspondientes. El costo de los mismos correrá a cargo del CONTRATISTA.



2.9. HIGIENE, SEGURIDAD Y LIMPIEZA

El CONTRATISTA debe, durante el transcurso de la obra, asegurar la higiene y la seguridad de sus trabajadores, según lo ordenado en las vigentes normas de Seguridad y Salud en el Trabajo.

El mantenimiento en perfecto estado de los vestuarios y sanitarios provisionales corre a cargo de la Cuenta de Prorratio.

Los deshechos, escombros, etc., que se origine por su trabajo, se evacuarán directamente por su personal, manteniendo limpia la obra. Se organizarán días de limpieza general estando obligado el CONTRATISTA a disponer del personal necesario para la realización de este trabajo.

El incumplimiento de lo antedicho será penalizado por el COORDINADOR con una multa de 500,00 Euros.

El no cumplimiento de la limpieza cotidiana, será penalizado con la misma cantidad.

Además el COORDINADOR podrá hacer ejecutar la limpieza a otra empresa, con cargo al CONTRATISTA.

Las penalizaciones se descontarán al CONTRATISTA de la certificación mensual o de la liquidación de obra.

El CONTRATISTA será responsable de la seguridad de su personal, de su riesgo de accidentes y de los daños que produzcan a terceros. Antes de comenzar sus trabajos redactará y tramitará el Plan de Seguridad según R.D. 1627/97 de 24.10.97.

2.10. PLAZOS DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución de los trabajos quedan fijados en el programa de obra

Todo retraso de la fecha de terminación de una fase del programa o fin de obra, da lugar a penalizaciones por retraso impuestas al CONTRATISTA, pudiendo ser deducidas por parte del COORDINADOR de las certificaciones mensuales de obra.

Ningún trabajo puede ser comenzado si los planos elaborados por el contratista, no ha sido aprobados por el COORDINADOR.

Los retrasos producidos por la intemperie deberán recuperarse.

Caso de que se apreciaran retrasos durante la ejecución de las obras imputables al CONTRATISTA, éste tendrá la obligación de reforzar el personal y medios, hacer horas extraordinarias y aumentar el número de turnos, incluso con trabajos nocturnos y en festivos, sin que por ello aumenten los precios unitarios.

2.11. PENALIZACIÓN POR RETRASO

Las penalizaciones se aplicarán sin que sea necesario prevenir al CONTRATISTA.

El retraso se calculará con la simple comparación de la fecha de terminación del programa de obra con la fecha de terminación real.

El importe de la penalización se calculará sobre la base del 1% del valor inicial del contrato por día de calendario de retraso (UNO POR CIENTO).

Esta penalización se aplicará, tanto por retrasos de una fase del programa, como del conjunto de los trabajos.

En el caso de un retraso o mala calidad de ejecución, y después de haberlo señalado por escrito al CONTRATISTA, el COORDINADOR pueden, si su carta quedan sin respuesta al cabo de 48 horas, hacer ejecutar los trabajos en retraso o rehacer los trabajos mal ejecutados por otra empresa y con cargo al CONTRATISTA.

2.12. HITOS DE FINALIZACIÓN DE LAS OBRAS

Los hitos de finalización de todos los trabajos de todas las especialidades, en cada zona, sujetos al cumplimiento del presente Pliego de Condiciones Generales a efectos de Penalización por Retrasos, se definen en la planificación contractual.

2.13. RECEPCIÓN PROVISIONAL

Con una antelación de veinte días, el CONTRATISTA comunicará al COORDINADOR la fecha en que prevé terminar totalmente la obra en base a los documentos contractuales y a las órdenes de cambio, a fin de que se fije día y hora en que se ha de efectuar la Recepción provisional.

Durante este periodo de tiempo, el COORDINADOR conjuntamente con el CONTRATISTA, revisarán exhaustivamente las obras, elaborando una relación, si procede, de defectos a subsanar y pruebas no superadas, relación que se adjuntará al Acta de Recepción Provisional.

En el día fijado por el COORDINADOR para la Recepción Provisional, se procederá en presencia del CONTRATISTA y de la PROPIEDAD a examinar exhaustivamente el estado de las obras y a comprobar si éstas cumplen las normas técnicas y cláusulas contractuales en cuanto a su ejecución.

La recepción provisional se realizará una vez que hayan sido llevadas a cabo satisfactoriamente, a juicio de la PROPIEDAD y del COORDINADOR todas las pruebas especificadas.

Si el estado de las obras fuera satisfactorio y las pruebas se hubieran superado, se extenderá por duplicado, y finalmente firmada por la PROPIEDAD. El CONTRATISTA y



el COORDINADOR, el Acta de Recepción Provisional positiva, entregando un ejemplar al CONTRATISTA, que en plazo de seis días deberá retirar de la obra la totalidad de sus pertenencias.

En el supuesto de que el examen de la obra no fuera satisfactorio o de que no se hubieran superado las pruebas establecidas, el COORDINADOR extenderá un acta de Recepción negativa, por duplicado, en el que dejará constancia de los defectos observados y del plazo de quince días hábiles en que éstos deberán ser rectificados y subsanados por el CONTRATISTA. Transcurrido dicho plazo, se llevará a cabo el examen y las pruebas a que se refieren los párrafos anteriores.

Si resultasen satisfactorios, se extenderá el Acta de Recepción Provisional positiva.

Los indicados exámenes, reconocimiento y pruebas se repetirán con idéntica reserva de derechos de la PROPIEDAD cuantas veces sea necesario hasta conseguir un resultado satisfactorio a criterio de la PROPIEDAD y del COORDINADOR.

Los nuevos plazos que se concedan al CONTRATISTA para subsanar las deficiencias halladas al efectuar la Recepción Provisional en ningún caso significarán prórroga de los plazos contractuales y, en consecuencia, el CONTRATISTA será responsable de las penalizaciones y/o indemnizaciones de daños y perjuicios en que incurra por tal motivo.

A los efectos contractuales sólo tendrá validez el Acta de Recepción Positiva.

En aquellos casos en que la PROPIEDAD o el CONTRATISTA declare resuelto el contrato, se procederá a efectuar la recepción provisional de aquellas obras que hasta entonces hubiese ejecutado o construido el CONTRATISTA. De dicha Recepción Provisional se levantará el correspondiente Acta, positiva o negativa, que deje constancia del estado en que se encontraba la obra o servicio en el momento de la resolución.

Antes de pronunciarse la recepción provisional el CONTRATISTA del Pavimento de la obra de la cámara, entregará la póliza de seguro de coberturas, y prima abonada, por 10 años.

Para que sea pronunciada la recepción provisional, el CONTRATISTA deberá entregar la documentación final de obra descrita en el apartado “Contenido de los precios unitarios” y haber llegado a un acuerdo en la liquidación económica de la obra.



2.14. RECEPCIÓN DEFINITIVA

Una vez transcurrido un año desde la recepción provisional, se organizará una visita previa con el CONTRATISTA, y se establecerá un acta con los defectos a corregir.

La recepción no será efectiva, y por tanto, no se devolverán las retenciones por garantía hasta que las correcciones necesarias sean ejecutadas y aceptadas por el COORDINADOR.

Veinte días antes de que finalice el periodo de garantía establecido, el CONTRATISTA notificará a la PROPIEDAD el vencimiento de dicho periodo, solicitando la Recepción Definitiva de la obra. A la vista de tal solicitud, el COORDINADOR comunicará al CONTRATISTA la fecha fijada para la Recepción Definitiva.

En el día fijado por el COORDINADOR para la Recepción Definitiva, se procederá en presencia del CONTRATISTA a comprobar el estado de la obra y a verificar si cumple las condiciones exigidas, efectuando las pruebas que el COORDINADOR estime necesario en base a los Documentos contractuales. En caso afirmativo se extenderá por duplicado la correspondiente Acta de Recepción Definitiva, entregando un ejemplar al CONTRATISTA. El acta de recepción definitiva hará constar el total cumplimiento de sus obligaciones contractuales.

En el caso de que, a juicio de la PROPIEDAD no procediera la Recepción Definitiva, el CONTRATISTA dispondrá de 20 días naturales para subsanar los defectos observados. Transcurrido el plazo sin haber sido subsanados, la PROPIEDAD queda facultada para obtener la oportuna indemnización por daños y perjuicios.

Aquellas obras o elementos que el CONTRATISTA haya tenido que reconstruir, reparar, o sustituir durante el periodo que media entre la Recepción Provisional y la Definitiva, prorrogarán su periodo de garantía y por tanto, su plazo de recepción.

Definitiva por el periodo de duración establecido, de la garantía después de su reconstrucción, reparación o sustitución.

En caso de resolución del contrato a instancia de la PROPIEDAD o del CONTRATISTA, se procederá a extender el Acta de Recepción Definitiva con lo mismo requisitos y condiciones que los establecidos para la recepción provisional.

Si el CONTRATISTA, pese a haber sido citado, no asistiese a la Recepción Definitiva, el Acta unilateral levantada por la PROPIEDAD surtirá los mismos efectos que si la hubiera suscrito el CONTRATISTA.

2.15. LIQUIDACIÓN FINAL

La liquidación definitiva de las obras deberá llevarse a cabo previamente a la firma Acta de Recepción Provisional Positiva.



2.16. PLAZO DE GARANTÍA

El plazo de garantía es el comprendido entre la recepción provisional y la definitiva. Durante este plazo, el CONTRATISTA, tendrá que corregir a su cargo cuantos defectos se produzcan.

En caso de no ejecución, el COORDINADOR podrá hacerlos realizar a otra empresa, con cargo al CONTRATISTA.

En el caso de que durante el plazo de garantía de un año, se observen defectos en las obras realizadas que requieran una corrección importante, a juicio de COORDINADOR, el Plazo de Garantía sobre los elementos a que se refiere este defecto, continuará durante otro año, a partir de la corrección de los mismos.

2.17. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE OBRA CIVIL

El contratista de obra civil realizará las vías provisionales de acceso a la obra a su cargo y los conservará con cargos a su cuenta de prorratio.

El CONTRATISTA, a su cargo, señalará y mantendrá limpios los accesos. Huecos y forros El CONTRATISTA a petición del COORDINADOR, dejará cuantos huecos sean necesarios para el paso de instalaciones, o colocaciones diversas, en los elementos que construya o instale, susceptibles de paso de instalaciones.

Los huecos irán provistos de forros a suministrar por el instalador correspondiente, pero recibido y rematado totalmente por el CONTRATISTA, a su cargo, siempre que antes de la ejecución facilite los datos y materiales necesarios para su ejecución, en caso contrario, el CONTRATISTA hará los huecos y colocará los forros, pero con cargo al instalador correspondiente. Niveles y replanteos para la realización de las obras objeto del presente contrato, el CONTRATISTA de obra civil, deberá tener en obra, personal especializado para el trazado de todo tipo de niveles, alineaciones, etc., realizados con aparatos taquimétricos adecuados.

Asimismo, colocarán referencias estables fijas para el origen de replanteos y los conservará. Todos los replanteos necesarios para la ejecución de las obras los hará a su cargo. A petición del COORDINADOR señalará referencias de niveles cuando sean necesarios para las diferentes empresas presentes en la obra.

Los errores de nivelación que produzcan errores de ejecución a otros o a sí mismo, se corregirán con cargo al CONTRATISTA de obra civil Señalización El CONTRATISTA de obra civil deberá instalar carteles prohibiendo el paso a la obra y obligando al uso del caso y demás medidas de seguridad.

Limpieza de obra El CONTRATISTA de obra civil realizará a petición del COORDINADOR 4 limpiezas totales de toda la obra.

2.18. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE ELECTRICIDAD

Acometida provisional

El CONTRATISTA deberá realizar a su cargo cuantas gestiones sean necesarias para la obtención de una acometida provisional de obra, con la potencia necesaria para la ejecución del conjunto de las obras

Acometida definitiva

Se consideran incluidos en el alcance de los trabajos del CONTRATISTA de electricidad los gastos producidos por la redacción de Proyecto de Legalización, dirección de obra y gestiones.

El CONTRATISTA deberá realizar, a su cargo cuantas gestiones y trabajos sean necesarios para la obtención y legalización de la acometida definitiva de electricidad.

No correrán a su cargo las Tasas y Derechos de acometidas.

2.19. TRABAJOS A CARGO DEL CONTRATISTA DE FONTANERÍA

Acometida provisional

El CONTRATISTA deberá realizar, a su cargo, las gestiones necesarias para la obtención de una acometida provisional de agua de la conducción más cercana.

Acometida definitiva

El CONTRATISTA deberá realizar, a su cargo cuantas gestiones y trabajos sean necesarios para la obtención de la acometida definitiva de.

No correrán a su cargo los gastos, tasas, etc., de dicha acometida.

2.20. TRABAJOS A CARGO DE TODOS LOS CONTRATISTAS

Huecos y forros

Cada CONTRATISTA deberá comunicar todos los huecos que se deban dejar en los elementos que se construyan por las diversas empresas presentes en obra, para el paso de sus instalaciones, con todos los datos necesarios, así como suministrar los forros necesarios. Estos trabajos correrán a su cargo si no da las informaciones o entrega los materiales antes de la ejecución de los elementos antedichos.

Cada contratista facilitará a la PROPIEDAD mensualmente dos colecciones de fotografías en tamaño 13 x 18 cm, en número mínimo de 20, que recojan la evolución de los trabajos



en este periodo. Al menos 6 de ellas mostrarán una vista general de la obra, siempre desde el mismo ángulo.

2.21. DOCUMENTACIÓN PARA OFERTAR

El conjunto de documentos que el CONTRATISTA debe presentar en su oferta, son los siguientes:

1. Carta de compromiso, según modelo anexo.
2. Carta de compromiso de independencia económica y funcional con las empresas que gestionan el proyecto.
3. Presupuesto detallado según el estado de mediciones del proyecto.
4. Anexo con las correcciones del proyecto
5. Lista de precios de los diferentes materiales y maquinaria a emplear, a pie de obra, incluido gastos generales, medios auxiliares y beneficio industrial
6. Relación de precios horarios de la mano de obra a emplear, incluidos gastos generales, medios auxiliares y beneficio industrial.
7. Fotocopia de los contratos de seguro (solo en caso de adjudicación).
8. Lista de medios humanos y maquinaria a emplear en cada fase de obra.
9. Una nota indicando sus necesidades de electricidad
10. Porcentaje de gastos indirectos y beneficio industrial a aplicar en los precios contradictorios y administración.

2.22. CUENTA DE GASTOS A PRORRATEO

Gastos

Los gastos siguientes se repartirán entre todas las empresas sin excepción, proporcionalmente al importe de sus presupuestos:

A- Cartel de obra con los nombres y direcciones de la Propiedad y la Ingeniería, el número y fecha de la licencia de los trabajos, el anagrama y rotulo del invernadero y los nombres de las empresas adjudicatarias, así como la lista de capítulos.

B- Oficina para Propiedad, Ingeniería y Salas de reuniones de Coordinación, totalmente equipada, con climatización, telefonía, fax y fotocopidora, incluido en la cuenta de prorrateo.

C-La Seguridad de la Obra se resolverá según lo dispuesto por el R.D. 1627/97 de 24.40.97 y conforme:

1. Estudio de seguridad y salud de la totalidad de la obra será elaborado por un Técnico Competente de la Ingeniería, visándolo en el Colegio Profesional.
2. Cada CONTRATISTA a su cargo, redactará y tramitará el Plan de Seguridad específico de sus trabajos, siguiendo las directrices del Estudio de Seguridad.



3. La coordinación en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de las obras, será desarrollada por un Técnico Competente designado por la PROPIEDAD.
4. Las medidas de Seguridad Generales (no específicas de los trabajos y trabajadores de cada CONTRATISTA)

D- La instalación provisional eléctrica (montaje y desmontaje) así como su mantenimiento. La instalación constará cuadros en el interior de la cámara, equipados cada uno con salidas de 230 V y dos a 400 V, con sus protecciones magnetotérmicas y diferenciales correspondientes.

Caso de no obtener a tiempo la acometida provisional, se resolverá con grupos electrógenos, hasta tanto no quede resuelto el suministro por la

Compañía Eléctrica.

Todos los cables a utilizar en las derivaciones por los contratistas, deberán tener una protección mecánica adecuada según el uso y nivel de aislamiento mínimo de 0,6/1 kV.

La Contrata de Estructura metálica, cerrajería o cualquier otra que utilice equipos de soldadura u otros, con potencia superior a 10 Kw, deberá resolver a su costa esta necesidad, bien sea con grupos electrógenos o acometida eléctrica particular.

E- Vestuarios y sanitarios provisional generales para todo el conjunto de la obra, incluido en la cuenta de prorrateo.

F- Consumos de agua y electricidad de las instalaciones provisionales.

G-Mantenimiento y limpieza en perfecto estado de los vestuarios y sanitarios provisionales

H-Consumo de agua, electricidad, teléfono y consumibles de la caseta de COORDINACIÓN.

I- Reparaciones y reposiciones en las redes provisionales de agua, electricidad, teléfono y alumbrado.

J- Combustibles y mantenimiento de grupo electrógeno en caso de no tener acometida de Compañía.

K-Los gastos de interés general decididos por el COORDINADOR.

L-Vigilancia de accesos.

M- Vallado de obra.

Alimentación de la cuenta de prorrateo

Una deducción provisional del 3% (tres por ciento) se efectuará en las certificaciones de cada empresa para el pago de los gastos de la cuenta de prorrateo.

Esta deducción es provisional, pues en el caso de que los gastos superen esta cantidad, se efectuará una deducción en las liquidaciones proporcional al importe de los presupuestos finales de liquidación.



Justificantes

Cada trabajo o gasto deberá acompañarse de una factura y justificante de horarios, alquileres, compras de materiales, etc.

Las facturas se presentarán en dos ejemplares.

Las facturas comprenderán:

- Los gastos de mano de obra.
- Los gastos de materiales suministrados a precio de costo Pagos.

Las facturas se presentarán al COORDINADOR el día 15 de cada de mes, para su verificación y aprobación.

Las facturas que no se presenten en un plazo máximo de 30 días después de la realización del trabajo, no se pagarán.



3. ANEXO: MODELO DE CARTA DE COMPROMISO

(MEMBRETE DE LA EMPRESA)

D. _____, apoderado de la Empresa
_____, cuyo domicilio social está situado en
_____, actuando en nombre y por cuenta de dicha empresa, después de haber tomado perfecto conocimiento de todos los documentos del proyecto concerniente a los trabajos de _____, constituyendo el capítulo nº _____, para el acondicionamiento de una cámara germinadora, que estará ubicada en el territorio conocido como “campo” que corresponde a polígono 5, parcela 153 en *Valtierra* (Navarra), me someto y comprometo con INVERNADEROS S.A., promotor, a ejecutar dichos trabajos por un precio total alzado de _____ (en número y letra, en euros).

Este precio se justifica y se descompone en el estado de mediciones valoradas con los precios unitarios alzados, adjuntados a la presente. El precio está actualizado a las condiciones económicas presentes y no será revisado.

Me comprometo a ejecutar los trabajos correspondientes, de acuerdo con las Especificaciones y los Planos del proyecto, en los plazos que se indican en el Programa de Obra, y según las prescripciones señaladas en el Pliego de Condiciones. Certifico que la Empresa está en regla en los pagos de impuestos y cuotas previstos por la ley.

La forma de pago será prevista en el Pliego de Condiciones.

Y para que conste, lo firmo en _____ a _____ de _____ de dos mil _____

(SELLO Y FIRMA).

4. CONDICIONES TÉCNICAS

4.1. DISPOSICIONES GENERALES

4.1.1. ALCANCE DEL SUMINISTRO.

Comprende el suministro de equipos, materiales, servicios, mano de obra y las ejecuciones necesarias para dotar a este edificio de las instalaciones frigoríficas que se describen en los planos y demás documentos de este proyecto de acuerdo con los reglamentos y prescripciones vigentes y en concreto los trabajos que se relacionan a continuación:

- a) Centrales de producción de frío industrial.
- b) Sistema de condensación de central positiva incluso recuperación de calor.
- c) Evaporadores de cámaras frigoríficas positivas.
- d) Desagüe de evaporadores.
- e) Tuberías frigoríficas y accesorios.
- f) Aislamiento de tuberías y accesorios.
- g) Cuadro general centralizado de fuerza y maniobra de las instalaciones.
- h) Cuadro de alumbrado de muebles frigoríficos.
- i) Instalación eléctrica de fuerza, control, mando, y regulación.
- j) Conjunto de elementos de regulación y automatismo.
- k) Elementos de medidas correctoras y seguridad.
- l) Instrucciones de uso, mantenimiento y legalizaciones.
- m) Desagüe de la cámara.

4.1.2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS.

Otros trabajos correspondientes al proyecto del instalador frigorista serán:

- a) Obtención y abono de los permisos, certificaciones y proyectos de aprobación necesarios en los organismos oficiales con jurisdicción al respecto.
- b) Prueba de puesta en marcha de la forma que más adelante se especifica en este documento.
- c) Planos finales de obra acabada según se especifica más adelante.
- d) Coordinación y colaboración con los instaladores de las restantes especialidades técnicas, eléctricas, mecánicas, decoración etc., bajo control de la Dirección de Obra.

4.1.3. ALCANCE DE LAS ESPECIFICACIONES.

4.1.3.1. Generalidades

Estas especificaciones fijan el nivel de calidad mínimo de características técnicas.

El hecho de que en mediciones se indique marca y modelo de algún material, se hace como simple orientación de una calidad y tamaño, por tanto, en el caso de ofertarse otros materiales, han de ser como mínimo de la misma calidad y cantidad debiéndose presentar estas soluciones como variantes y quedando a juicio de la Dirección de Obra su aceptación o rechazo.

Todos los accesorios que sean necesarios para la perfecta terminación de las instalaciones, se consideran que serán suministrados y montados por el instalador sin coste adicional, por



tanto, se interpreta que están incluidos como parte proporcional en los precios unitarios de los materiales descritos en las mediciones.

4.1.3.2. Materiales y equipos

En el caso de que así lo solicite la Dirección, el instalador presentará cuantas muestras y/o catálogos, especificaciones o planos que se le indiquen, así como el plan de obra y suministro con indicación de los puntos críticos para la terminación de la obra con el fin de evitar problemas posteriores.

4.1.3.3. Varios

a) Es responsabilidad del Instalador el uso de piezas, accesorios y demás materiales, su instalación y montaje de acuerdo con los Reglamentos, normas y prescripciones descritas anteriormente.

b) Documentación:

b.1. Al concurso

El concursante deberá entregar, en apoyo de su oferta, por duplicado los siguientes documentos:

- Marcas, modelo, rendimiento y características técnicas de los aparatos ofertados (caudales, potencia eléctrica y térmica, etc.).
- Calidades de acabados.

b.2. De ejecución

El adjudicatario facilitará antes de comenzar la instalación, planos de montaje, incluido esquemas a la Dirección Facultativa, sin que esto sea objeto de modificación en los plazos de ejecución y/o responsabilidad de las condiciones a mantener en las instalaciones.

Los planos de ejecución y de montaje son a cargo del adjudicatario y deberán tener todas las precisiones necesarias para la comprensión de la instalación. Dispondrán como mínimo de la siguiente información:

- Esquema de principio general.
- Plano de situación de desagües, saneamiento, bancadas, apoyo de máquinas y puntos de cruce de forjados, techos, etc.
- Recorrido de tubería y conducciones, indicando dimensiones y tipo de material a utilizar.
- Marca y modelo del material a instalar.
- Potencia eléctrica y térmica.
- Caudales.
- Velocidad de motores.
- Regulación.
- Equipo eléctrico.
- Instalaciones anexas necesarias.
- Soportes de anclaje de tubería.

b.3. A la recepción de los trabajos

El adjudicatario, deberá entregar:

- 1 esquema general de funcionamiento bajo cuadro de cristal.
- 3 ejemplares de todos los planos y esquemas conformes a la instalación realizada.
- 1 juego de vegetales o reproducibles de lo citado anteriormente.
- 3 ejemplares del documento de la instalación, comprendiendo:



- Ficha técnica de los materiales instalados indicando su procedencia.
- Comportamiento de la instalación como resultado de los ensayos realizados (temperaturas, presiones, caudales, potencias, puntos de consigna, etc.).
- Normas de uso y mantenimiento de la instalación.

b.4. Gastos

Los instaladores cuyas instalaciones requieran una legalización (adicional al permiso de construcción del Ayuntamiento) ante Organismos Oficiales, deberán incluir en sus precios el importe correspondiente al proyecto y visado respectivo.

4.2. MATERIALES

La Propiedad se reserva el derecho de poder quitar del Contrato alguna de las partes o equipos de las instalaciones que se detallan en él.

4.2.1. ESPECIFICACIONES DE CARACTER GENERAL.

Todos los equipos y materiales que se empleen en la instalación, cumplirán lo siguiente:

- Estarán fabricados de acuerdo con las normas vigentes.
- Serán de la mejor calidad.
- Serán de fabricación normalizada y comercializados en el mercado nacional.
- Tendrán las capacidades que se especifican.
- Se montarán siguiendo las especificaciones y recomendaciones de cada fabricante siempre que no contradigan las de estos documentos.
- Estarán instalados donde se indica de forma que se pueda realizar el mantenimiento o reparación sin emplear tiempos y medios especiales. Todos los elementos tienen que ser fácilmente accesibles y desmontables, previendo el instalador el espacio necesario para ello aunque no esté especificado.

4.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES.

4.2.2.1. Tuberías de Refrigerante (R-404 A)

De cada una de las centrales de refrigeración partirán varias líneas de tuberías de refrigerante, que se irán ramificando en función de los servicios que deban atender. En cualquier caso la tubería utilizada deberá ser de cobre, especial para refrigeración, decapada y deshidratada, con los espesores adecuados a la norma UNE-EN-12735-1 de 2001.

Los accesorios de cobre serán de las Marcas NIBCO, MUELLER BRASS o similares, con calidad contrastada.

Ejecución:

- Deberán discurrir paralelas a las de aspiración.
- Todas las derivaciones se deberán efectuar por la parte inferior de las tuberías.

Soportes de tuberías:



- Se efectuarán por medio de canal aéreo ciego. La sujeción se realizará mediante soportes transversales al canal, varilla roscada de M-8 y perrillos metálicos de sujeción.
- El canal deberá estar suficientemente dimensionado para servir de "cama" a las líneas que por él discurren, no aceptándose en ningún caso el soporte de unas sobre otras (discurrirán en una sola capa).

4.2.2.2. Aislamiento de las tuberías

El aislamiento térmico de los circuitos frigoríficos y de los aparatos, se realizará (O completará) con posterioridad a los controles y pruebas de estanqueidad (RSF IF-010).

El material utilizado será espuma elastomérica de estructura celular cerrada, flexible, con las siguientes características técnicas:

- Conductividad térmica a 0°C 0,023 W/m°C
- Densidad de 40/42 (Kg/m³)
- Tipo de marca Comercial AF/ARMAFLEX, *Poliuretano expandido, entre chapas de acero galvanizado, tipo sándwich*
- Espesor nominal 100 mm en refrigeración.

4.2.2.3. Válvulas de seguridad

Las válvulas de seguridad, de igual que el resto de dispositivos de protección (disco de rotura, etc.) serán de primera marca reconocida en el mercado (Danfoss, Alco, Castel) timbradas y taradas a una presión inferior a la de timbre y/o 1,2 veces la presión de estanqueidad.

La descarga, deberá hacerse obligatoriamente al exterior del edificio y en un lugar debidamente ventilado.

4.2.2.4. Válvulas general

Todas las válvulas a emplear en las instalaciones serán de primera marca reconocida en el mercado (Danfoss, Alco, Castel) y, salvo casos de excepción, con conexión para soldar.

La totalidad de estos elementos instalados en tubería de cobre deberán tener apoyos independientes de las tuberías, de resistencia y seguridad elevada.

Las válvulas de seccionamiento deberán estar rotuladas y/o numeradas debidamente.

4.2.2.5. Manómetros

Los manómetros estarán graduados en unidades de presión, siendo adecuados para los fluidos frigoríficos que se utilicen, debiendo encontrarse el elemento indicador (aguja) sumergida en baño de glicerina.

Los manómetros instalados en el sector de alta presión, deberán tener una escala de 1,5 veces la presión de servicio.



La presión de servicio máxima de la instalación estará indicada claramente con una fuerte señal roja. Todos los manómetros serán tipo esfera de diámetro mínimo de 80 mm. en caja cromada o de acero inoxidable.

4.2.2.6. Compresores

Será alternativo semihermético de simple etapa y apto para refrigerantes R- 404 A (centrales positiva).

El engrase será a presión con bomba autorreversible con sistema de separación de aceite aspirado y retorno al cárter mediante inyección forzada.

El sistema de protección del motor incluirá protección electrónica mediante termistores embebidos en el devanado, y un modulo protector externo con funciones complementarias tales como: Fallo de fases, retardo de arranque (evitar ciclos cortos) control de más de 2 sondas.

El compresores dispondrán además de:

- Sistema de arranque sin carga completo.
- Calefactor de carter.
- Presostato diferencial de aceite.
- Rotor con devanado partido (Part Winding).
- Válvula interna de seguridad por sobrepresión.
- Ventiladores de culata en los de central negativa.

4.2.2.7. Sistema de control de aceite

Las centrales frigoríficas, dispondrá de los correspondientes "sistemas de control de aceite" marca AC y R integrado por los siguientes elementos básicos:

- a) SEPARADOR DE ACEITE
- b) RECIPIENTE DE ACEITE
- c) REGULADOR NIVEL DE ACEITE
- d) FILTROS DE ACEITE

El separador de aceite se instalará en posición vertical en la zona próxima al grupo de compresores y será de la serie S-1900.

El recipiente de aceite dispondrá de 2 visores de nivel, línea de descarga en la parte superior con conexión a la línea de aspiración. Además dispondrá de válvula de presión modelo S-9104 en el recipiente, para asegurar un adecuado suministro de aceite de los reguladores de nivel.

Los reguladores de nivel de aceite con válvula de flotador se instalarán en cada cárter de compresor mediante el kit correspondiente.

Los reguladores serán modelo S-9130. En la línea que alimenta el regulador de nivel se instalarán los correspondientes filtros de aceite de tamiz, con baja caída de presión modelo S-9105.



4.2.2.8. Condensador

Los componentes y aparellaje, estarán preparados para funcionamiento a intemperie, con envolvente en aluminio y acero galvanizado.

Todas las partes móviles tendrán suspensión elástica, y amortiguadores antivibratorios en la vinculación de patas de apoyo - estructura de bancada.

El condensador será seleccionado con una diferencia máxima de 10 K, entre el medio refrigerante y la temperatura de condensación; con baterías de cobrealuminio.

4.2.2.9. Evaporador

Está construido con batería de tubo de cobre y aleta de aluminio, la envolvente será metálica construida en chapa de aluminio lacada ó acero inoxidable.

Está seleccionado en función del DT de diferencia de temperatura entre el refrigerante y la temperatura de consigna de la cámara.

Serán capaces de mantener una humedad relativa de 85% en las cámaras de conservación. Los dotados de desescarche eléctrico, dispondrán de resistencias blindadas de acero inoxidable.

Todos los sistemas de desescarche serán automáticos, estarán dotados de los mecanismos necesarios para evitar que la aportación de calor se transmita a la cámara y el calor sea el justo para quitar el hielo de los serpentines; como termostatos fin de desescarche y retraso de funcionamiento de ventiladores.

4.2.2.10. Electricidad

El adjudicatario partirá de una alimentación de 380 V III+T+N, que dispondrá en las proximidades del cuadro general y con longitud suficiente para llegar hasta éste.

La conexión de la alimentación eléctrica al cuadro, es parte de los trabajos de esta partida. El mando o maniobra de la instalación funcionará con tensión procedente de un transformador que se instalará en el cuadro únicamente para este fin.

El material eléctrico será de las siguientes calidades y tipo:

- CABLES tipo VV 0,6/1 KV según Normas UNE de las siguientes características:

Conductor: Cobre.

Número: Unipolar si no se indica lo contrario en los planos.

Cuerda: Cilíndrica.

Tipo aislamiento: PVC

Armadura: No

Cubierta: PVC

Tensión aislamiento: 0,6/1 KV

Instalación: En bandeja, peinado y fijado a ella cada metro, con grapas de plástico o amágneticas.

En tubo, todos los cables del mismo circuito en el mismo tubo, incluido el cable de tierra.

Sin empalmes dentro de conductores.



Se introducirá en los tubos después de instalados éstos.

Dimensiones: Sección mínima: 2,5 mm², para circuitos de fuerza y alumbrado y 1,5 mm² para circuito de mando.

- BANDEJA PORTACABLES PERFORADA DE ACERO GALVANIZADO de las siguientes características:

Tipo: Bandeja portacables perforada, acero galvanizado en caliente.

Ejecución: Espesor según tipo.

Altura del ala: 30 mm., salvo indicación expresa.

Distancia mínima al techo: 200 mm., exceptuando en casos justificados.

Distancia entre sujeciones: de acuerdo con el peso a soportar.

Unión entre tramos: Mediante pieza prefabricada del mismo fabricante.

Curvas y cambios del plano: De acuerdo con el radio mínimo de curvatura de los cables. Con piezas prefabricadas.

Sujeciones: Al techo mediante perfil en U de acero y varilla roscada con imprimación antioxidante.

A la pared mediante pieza adecuada. La bandeja irá atornillada al soporte. Los tornillos serán de cabeza redonda en los bordes.

Fijaciones: A hormigón mediante clavos Spit. A estructura metálica con soldadura.

Accesorios: Los codos, las derivaciones y las reducciones, se realizarán con piezas prefabricadas del mismo fabricante y modelo.

La tapa será del mismo material y se instalará sólo en caso de que se especifique.

Tornillería: Cadmiada.

Tapa: En toda su longitud.

- TUBO DE ACERO GALVANIZADO PARA PROTECCIÓN DE CABLES de las siguientes características:

Tipo: Tubo de acero galvanizado y roscado, con rosca PG, de medidas normalizadas.

Instalación: Grapado y de acuerdo con el Reglamento.

Electrotécnico de Baja Tensión.

Fijaciones: Distancia entre Fijaciones: 0,8 M. máximo.

A hormigón y estructura metálica clavo Spit y abrazadera metálica.

A bovedilla y obra de fábrica mediante tornillos en taco de expansión y grapa de doble pie o abrazadera.

Unión a cajas: Roscado directamente y con contratuerca o con tuerca y contratuerca. El extremo libre del tubo se protegerá con una boquilla roscada de plástico, antes del tendido de cables, para no dañar estos.

Curvas: Realizadas "in situ" según recomendaciones del fabricante y con radio de giro de acuerdo con los cables de su interior y reglamentación.

Dimensiones: Diámetros normalizados.

Longitudes de 3 m.

Instalación: Curvas con un radio mínimo de 8 veces el diámetro exterior.

La suma de las curvas en un mismo tramo no debe superar los 270°. En caso de superarlos se instalará una caja intermedia.

- CAJAS DE DERIVACIÓN Y REGISTRO de las siguientes características:

Tipo: Cajas de derivación y registro metálicas de fundición de aluminio con tapa atornillada.

Forma: Rectangular o cuadrada.

Derivaciones: Regletas de bornas de derivación.

Fijación: A hormigón y estructura metálica mediante clavos Spit, arandelas y tuercas metálicas.

A bovedillas y obra de fábrica mediante tornillos en tacos de expansión.

Fijación tapa: Con tornillos.

Entradas: Roscadas o libres.

Dimensiones: De acuerdo con las entradas y salidas de tubos y cables y conexiones a realizar en su interior, mínimo de 100x100 mm.

4.2.2.11. Cuadros eléctricos

El cuadro general Industrial a instalarse en Sala de Máquinas será tipo armario vertical con pupitre y esquema sinóptico, construido en chapa metálica de 2

mm. de espesor. Debe ser estanco a la humedad y al polvo, protección IP 44.

El interior será accesible frontal y posteriormente, mediante puertas de construcción estanca con juntas de goma, que giran sobre bisagras interiores, puestas a tierra con trenza de cobre flexible.

Dicho cuadro general estará construido con resistencia mecánica adecuada a su intensidad de cortocircuito y estarán dotados como mínimo de:

- Puertas con manillar cromado y juntas de neopreno con puesta a tierra mediante trenza de cobre flexible.
- Envolverte en chapa protegida con pintura antióxido y acabado con pintura al horno.
- Equipo de medida de tensión e intensidad por cada fase.
- Aparellaje montado sobre placa independiente al fondo del armario debidamente identificable, mediante etiquetas grabadas en blanco con fondo negro.
- Regleta general de conexión situada a más de 0,5 m de la parte inferior del cuadro y en posición inclinada para su fácil accesibilidad y lectura de las señales.
- Cableado interno totalmente señalizado en correspondencia exacta con el esquema definitivo. La ejecución será bajo canaleta mediante hilo flexible sección mínima 1,5 mm².
- Entradas y salidas de cables en armarios mediante prensaestopas estancos.
- Borna(s) de tierra fácilmente identificable.
- El mando y la señalización estará en el frente del (los) cuadro(s).
- El mando de los aparatos con regulación tendrán marcha/paro/auto. El de los sin regulación marcha/paro.
- Protección general en cabeza por disyuntor de mando exterior tipo "seta".
- Dos bornas resumen de alarmas libres de potencial, resumen de todas las alarmas del cuadro.
- Protección diferencial por cada línea principal.
- Interruptores magnetotérmicos.
- Contactores para compresores con protección térmica.
- Contactores para resistencias de desescarche.
- Relés auxiliares de mando y maniobra.
- Temporizadores para compresores (arranques retardados).
- Temporizadores para vitrinas y cámaras.
- Alimentación a 220 V, 2 fases + tierra, para circuito de mando.
- Pilotos de señalización.
- Dispondrá de la señalización de todos los circuitos de la instalación, marcha y paro de los motores, desescarche, alarmas, etc., y desde él se podrá gobernar totalmente la instalación.
- Dispondrá así mismo, de un circuito de pruebas de lámparas.
- El cuadro se dotará de ventiladores con mando termostático.



El cuadro de alumbrado para el mobiliario frigorífico, se situará dentro del cuadro eléctrico y dispondrá en su interior de los siguientes elementos básicos:

- 1 interruptor general omnipolar.
- 1 interruptor magnetotérmico por cada línea principal (coincidente con cada línea de mobiliario).
- 1 protección diferencial por cada línea.
- 1 interruptor manual de encendido/apagado por línea.

Todos los elementos, circuitos y dispositivos se encontrarán debidamente protegidos, rotulados e identificados de un modo tal que cualquier persona del servicio de seguridad/mantenimiento pueda maniobrar las secuencias de encendido ó apagado.

Se prestará la máxima atención en el conexionado de receptores monofásicos para equilibrar el consumo de fases.

El material eléctrico a utilizar será marca:

ABB - METRON

MERLIN GERIN ó

KLÖCNER - MOELLER

Se instalará en el sinóptico de caja central, alarma óptica y acústica desde el cuadro eléctrico.

4.2.2.12. Instalación de cables

La instalación partirá desde el cuadro situado en la sala de máquinas y desde éste llevará alimentación a todos los receptores mediante un tendido de bandeja-canal por el que irán todos los cables de potencia y los de maniobra.

Se colocará una separación en la bandeja entre las líneas de fuerza y de maniobra.

Los bajantes desde la bandeja hasta los receptores y la instalación eléctrica de fuerza y maniobra en el interior de la Sala de Máquinas, se hará con tubo de acero galvanizado rígido y la entrada a los receptores se efectuará con tubo de acero flexible y racores de acoplamiento.

4.2.2.13. Sistema de regulación de centrales frigoríficas y condensadores

Descripción Básica del Sistema

Mediante microprocesadores (uno independiente para cada central), se realizará el control de cargas de las mismas. Se trata de controlar a:

- Mediante las señales, (+) y (-) de un transductor de presión, se controlará el funcionamiento creando un ciclo de 5 etapas en las centrales positiva y negativa, y de 2 etapas en la de obradores.
- Suponiendo que acabamos de dar tensión al sistema, no habrá ningún compresor funcionando.
- Si el transductor de presión activa la señal (+), entrará el compresor (después de un cierto tiempo en que habrá entrado su correspondiente válvula de arranque descargado).

-Rotación de Cargas

El sistema prevé una rotación de forma periódica en el orden de encendido/apagado de cargas (compresor), a fin de asegurar un tiempo de funcionamiento similar para todos.

De forma igual para central (-O°C) y ventiladores de condensador.

En el momento de producirse la rotación se apagará una carga, y otra entrará en su lugar.

Para salvar la eventualidad de una avería en uno de estos sistemas provocando el paro de este, se instalará un sistema eléctrico que permita anular cualquiera de los dos microprocesadores, permitiendo el funcionamiento manual del sistema hasta la reparación del elemento averiado.

4.2.2.14. Gestión centralizada

El sistema de Gestión Centralizada será de las Marcas DANFOSS, o TELEVIS y constará como mínimo de los elementos y realizará las funciones que se describen a continuación. Descripción de los elementos.

- *Módulo Base.*

Este módulo es común para todo tipo de servicios (muebles o cámaras). La configuración para los distintos funcionamientos (isla, mural, vitrina, cámara, etc.), se realiza por ordenador, al mismo tiempo que se fijan en ella todos los parámetros de regulación.

Cumpliendo, como mínimo, las funciones siguientes:

- Programador de desescarche.
- Termostato ambiente.
- Termostato fin de desescarche.
- Contactor auxiliar de retardo de ventiladores.

- *Pantalla de módulo.*

Incorporada en cada servicio esta pantalla indica la temperatura interior de la vitrina o cámara y, en caso de anomalía, visualiza las alarmas.

- *Panel de mandos.*

El panel de mandos, igualmente incorporado en los servicios, permite modificar la regulación, el encendido y apagado de fuerza y alumbrado, desescarches manuales, visualiza la temperatura interior y, en caso de anomalía, visualiza las alarmas.

El sistema dispone de una clave de protección que impide acceder a los parámetros de regulación al personal no autorizado

- *Interface.*

Para realizar una regulación centralizada, el sistema dispone de un interface de comunicación con el ordenador.

Con el programa de gestión se puede hacer, desde el ordenador, las mismas operaciones que desde el frontal, más la función de toma de datos. Y, por tanto, posibilita representar gráficamente en pantalla o en impresora:

- Temperatura interior de la cámara o vitrina.
- Temperatura del evaporador y de fin de desescarche.
- Así mismo, es posible ejecutar órdenes como:



- Conexión.
 - Desconexión.
 - Encendido y apagado de iluminación, etc.
 - Ordenes de desescarche.
 - Ordenes de enfriamiento en continuo.
- También se señalizan las alarmas a través de pantalla e impresora.

- *Placa de alarmas.*

Conectada a la salida del Módulo Base proporciona al equipo una salida de alarma por relé.

- *Puesto central.*

En el local que se designe se situará el puesto de gestión centralizada formado por:

- Ordenador Pentium a 2 GHz., memoria 2 Gb.
- Teclado expandido.
- Monitor color de 19" con tarjeta SVGA.
- Impresora color, chorro de tinta.
- Interface de comunicación con la central de frío.
- Disketera y lector de CD y DVD.

Funciones de la gestión centralizada:

- *Regulación.*

- Regulación de la temperatura interior de la vitrina o cámara y su diferencial.
- Regulación de la temperatura de fin de desescarche y su diferencial.
- Programación del tiempo de ciclo entre desescarches y del tiempo máximo de desescarche.
- Programación del tiempo mínimo a transcurrir entre dos arranques del compresor.
- Programación del retardo de arranque del segundo compresor, si lo hubiera.

- *Seguridades.*

- Finalización del desescarche a través de una temperatura de seguridad de la sonda de ambiente, en caso de rotura de la sonda de fin de desescarche.
- Funcionamiento de seguridad programado para el caso de rotura de la sonda de temperatura interior.

- *Autodiagnos.*

- Error de tensión de alimentación. Se da cuando la tensión de red es menor de un valor determinado (175 V.).
- Error sonda temperatura ambiente.
- Error sonda temperatura evaporador y función de desescarche.
- Error de memoria. Se produce por fallo o mal funcionamiento de la memoria.
- Error de convertidor. Se produce por fallo o mal funcionamiento del convertidor.
- Error de dato. Se produce cuando se programan datos incoherentes o fuera de los límites permitidos.



- *Alarmas.*

- Alarma de temperatura superior.
- Alarma de temperatura inferior.
- Las alarmas se señalizan si la temperatura de alarma se mantiene durante el tiempo programado y la tendencia de la temperatura es contraria a la del restablecimiento de las condiciones normales de funcionamiento.

- *Contadores.*

- Acumulador de tiempo total. Se cuenta el tiempo total de funcionamiento del controlador.
- Acumulador de tiempo de desescarche. Cuenta el tiempo acumulado de los desescarches.
- Acumulador de tiempo de funcionamiento. Cuenta el tiempo acumulado del funcionamiento de la solenoide o compresor.

- *Indicadores.*

- Indicación de la temperatura de evaporación, a través de la sonda de temperatura del evaporador.
- Indicación del tiempo transcurrido desde el último desescarche.

- *Otras funciones.*

- Protección del teclado. Los pulsadores del panel de mandos local dejan de ser operativos. Una clave permite el acceso al personal autorizado.
- Integración. Se puede programar distintos tiempos de integración con el fin de evitar variaciones continuas en las pantallas de visualización.

- *Conexión a ordenador.*

- Permite realizar las mismas operaciones que desde el panel local.
- Visualización gráfica de las temperaturas interior y fin de desescarche en pantalla e impresora.
- Adquisición de datos de temperatura para su posterior visualización en pantalla o impresora.



ESCULA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁMARA GERMINADORA DE SEMILLAS

DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO

Alumno: Pablo Castillejo Hernández

Tutor: Juan José Aguas Alcalde

Pamplona, 30 de Abril del 2014



ÍNDICE

1. COSTES DE LOS MATERIALES.....	3
1.1. <i>Elementos cámara frigorífica.....</i>	<i>3</i>
1.2. <i>Grupo compresor y recipiente de líquido.....</i>	<i>4</i>
1.3. <i>Intercambiador.....</i>	<i>4</i>
1.4. <i>Canalización y accesorios.....</i>	<i>5</i>
1.5. <i>Aparatos de seguridad y control.....</i>	<i>5</i>
1.6. <i>Equipos de protección contra incendios.....</i>	<i>6</i>
1.7. <i>Resumen de costes de los materiales.....</i>	<i>6</i>
2. MANO DE OBRA.....	7
3. VISADO PROFESIONAL.....	8
4. REDACCIÓN DEL PROYECTO Y GASTOS DE INGENIERÍA.....	8
5. RESUMEN DE TODOS LOS COSTES DEL PROYECTO.....	9

El presupuesto incluye todos los gastos que son derivados de la realización del proyecto. Podemos dividir estos costes según los siguientes conceptos:

- * Coste de los materiales.
- * Mano de obra.
- * Visado del colegio oficial.
- * Redacción del proyecto y gastos de ingeniería.

1. COSTES DE LOS MATERIALES

En este apartado serán incluidos todos los gastos de los productos utilizados para la realización de la instalación frigorífica y de protección contra incendios. Podemos agrupar los materiales en los siguientes grupos:

- * Elementos cámara frigorífica.
- * Grupo compresor y recipiente de líquido.
- * Intercambiadores.
- * Canalización y accesorios.
- * Aparatos de regulación y control.
- * Equipos de protección contra incendios.

1.1. Elementos cámara frigorífica.

A continuación es detallado un listado de los diferentes elementos o materiales de la cámara frigorífica con el número de unidades de cada elemento, el coste unitario y total:

<i>Material</i>	<i>Unidades</i>	<i>(€/unidad)</i>	<i>Precio (€)</i>
<i>Paneles aislantes paredes + techo</i>	<i>134,25 m²</i>	<i>99,60</i>	<i>13371,3</i>
<i>Panel aislante suelo</i>	<i>50 m²</i>	<i>99,60</i>	<i>4980</i>
<i>Tela asfáltica</i>	<i>50 m²</i>	<i>5,50</i>	<i>275</i>
<i>Plástico aislante térmico de aluminio</i>	<i>50 m²</i>	<i>4</i>	<i>200</i>
<i>Hormigón pulido</i>	<i>50 m²</i>	<i>15</i>	<i>750</i>
<i>Accesorios remate pared y suelo</i>	<i>50 m</i>	<i>20</i>	<i>1000</i>
<i>Accesorios remate techo</i>	<i>50 m</i>	<i>146</i>	<i>7300</i>
<i>Perfiles sanitarios de ángulo</i>	<i>80 m</i>	<i>21</i>	<i>1680</i>
<i>Puerta cámara</i>	<i>1</i>	<i>1500</i>	<i>1500</i>
<i>Bombillas iluminación interior</i>	<i>4</i>	<i>35</i>	<i>140</i>

<i>Cortinas de láminas basculantes.</i>	<i>1</i>	<i>225</i>	<i>225</i>
<i>Interruptor de puerta</i>	<i>1</i>	<i>16,20</i>	<i>16,20</i>
<i>Válvula equilibrio de presiones.</i>	<i>1</i>	<i>354</i>	<i>354</i>
<i>Hacha de bombero.</i>	<i>1</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<i>Tubo para el desagüe PVC (diámetro, 200 mm)</i>	<i>10 m</i>	<i>7,80</i>	<i>780</i>
<i>Arqueta de PVC de (300x300mm)</i>	<i>2</i>	<i>13,50</i>	<i>27</i>
<i>Total costes</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>32698,5</i>

1.2. Grupo compresor y recipiente de líquido.

El grupo compresor está formado por el compresor y el conjunto de accesorios que nos regulará su funcionamiento.

<i>Material</i>	<i>Unidades</i>	<i>(€/unidad)</i>	<i>Precio (€)</i>
<i>Compresor OSK5341-K</i>	<i>1</i>	<i>5230</i>	<i>5230</i>
<i>Motor del Compresor.</i>	<i>1</i>	<i>4600</i>	<i>4600</i>
<i>Acople unión compresor.</i>	<i>1</i>	<i>530</i>	<i>530</i>
<i>Brida fijación-alineación Comp-Motor.</i>	<i>1</i>	<i>510</i>	<i>510</i>
<i>Válvula de seguridad escape.</i>	<i>1</i>	<i>535</i>	<i>535</i>
<i>Separador de aceite + adaptador.</i>	<i>1</i>	<i>4720</i>	<i>4720</i>
<i>Enfriador de aceite.</i>	<i>1</i>	<i>4200</i>	<i>4200</i>
<i>Recipiente de líquido.</i>	<i>1</i>	<i>1230</i>	<i>1230</i>
<i>Total costes</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>21555</i>

1.3. Intercambiador.

El intercambiador de la instalación son 1 evaporadores y el condensador, el precio de ellos fue dado en los apartados anteriores. El coste de los intercambiadores será:

<i>Material</i>	<i>Unidades</i>	<i>(€/unidad)</i>	<i>Precio (€)</i>
<i>Evaporador</i>	<i>1</i>	<i>2380,34</i>	<i>2380,34</i>
<i>Condensador</i>	<i>1</i>	<i>3362,04</i>	<i>3362,04</i>
<i>Total costes</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>5742,38</i>

1.4. Canalización y accesorios.

Deberemos utilizar un total de 42 m aproximadamente. A continuación son detallados diámetros y costes:

\varnothing "	L (m)	(€/metro)	Precio (€)
1"5/8"	16,5	19'56	322,74
1"5/8"	12,4	19'56	242,544
1"3/8"	12,94	13'20	170,808
-	41,82	-	736,092

Respecto a los accesorios de conexionado, tenemos:

Accesorios	\varnothing "	Unidades	(€/unidad)	Precio (€)
codo 90°	1"5/8"	2	6,23	12,46
codo 90°	1"5/8"	2	6,23	12,46
codo 90°	1"3/8"	2	4,12	8,24
Derivación a T	1"5/8"	2	4,20	8,4
	1"3/8"	1	3,53	3,53
Válvula manual	1"5/8"	1	9,30	9,3
	1"3/8"	1	7,89	7,89
Cambio de sección	1"-5/8"	1	9,30	9,3
Total costes	-	-	-	71,58

1.5. Aparatos de seguridad y control.

A continuación es detallado los aparatos de regulación y control del sistema seleccionado:

Material	Unidades	(€/unidad)	Precio (€)
Termostato contr. 4 relés	1	80,90	80,90
Humidostato.	1	61,00	61
Cuadro de maniobra eléctrico.	1	431,00	431
Válvula solenoide.	2	34,10	68,20
Válvula expansión termostática.	2	37,00	74
Orificio válvula expansión.	2	14,30	28,6
Total costes	-	-	743,7

1.6. Equipos de protección contra incendios.

Aquí están incluidos todos los sistemas de protección contra incendios que fueron descritos en el apartado que hace referencia a ello.

El número y coste de los aparatos, será:

<i>Material</i>	<i>Unidades</i>	<i>(€/unidad)</i>	<i>Precio (€)</i>
<i>Extintores portátiles 113B.</i>	<i>1</i>	<i>43 '45</i>	<i>43,45</i>
<i>Extintores portátiles 34A.</i>	<i>1</i>	<i>55 '89</i>	<i>55,89</i>
<i>Bocas de incendio equipadas (BIE's).</i>	<i>1</i>	<i>202 '76</i>	<i>202,76</i>
<i>Alumbrado de emergencia.</i>	<i>3</i>	<i>50 '20</i>	<i>150,6</i>
<i>Rótulos de señalización.</i>	<i>5</i>	<i>7 '00</i>	<i>35</i>
<i>Sistema de detección y alarma de humos.</i>	<i>3</i>	<i>75 '26</i>	<i>225,78</i>
<i>Total costes</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>713,48</i>

1.7. Resumen de costes de los materiales.

A nivel de resumen de los costes de materiales, a continuación es indicado cada uno de los conceptos:

<i>Conceptos</i>	<i>Precio (€)</i>
<i>Elementos cámara frigorífica.</i>	<i>32698,5</i>
<i>Grupo compresor y recipiente de líquido.</i>	<i>21555</i>
<i>Intercambiadores.</i>	<i>5742,38</i>
<i>Canalización y accesorios.</i>	<i>807,672</i>
<i>Aparatos de regulación y control.</i>	<i>743,7</i>
<i>Equipos de protección contra incendios.</i>	<i>713,48</i>
<i>Total conceptos</i>	<i>62260,73</i>

2. MANO DE OBRA

De manera orientativa, estableceré el coste derivado del montaje de los equipos y de los diferentes sistemas. Primero se deberá realizar una estimación del número de horas a dedicar en la realización de cada una de las tareas.

Serán definidas cuatro tareas diferentes:

* *Montaje de la cámara:* Consiste en el montaje de la propia cámara. Implica el ensamblaje de los paneles, colocación de los accesorios y equipamiento del interior de la cámara como hacer el desagüe.

* *Montaje equipo de frío:* Todos los componentes de la instalación llegan por separado. Deberán de ser colocados cada uno en su sitio y su posterior ensamblaje de cada una de las partes. El acoplamiento de los tubos, ocupará gran parte del tiempo dedicado. Serán realizados mediante soldadura in situ.

* *Puesta en marcha:* Una vez realizado el montaje de todos los componentes de la instalación, técnicos altamente cualificados verificarán y realizarán las pruebas pertinentes antes de poner la puesta en marcha de la instalación.

* *Medidas contra incendio:* Consiste en la colocación de los equipos de protección contra incendios tal y como fue definido en el apartado relacionado con ello.

Estimación del tiempo dedicado a cada tarea y su coste:

<i>Tarea</i>	<i>Tiempo (horas)</i>	<i>(€/hora)</i>	<i>Precio (€)</i>
<i>Montaje de la cámara.</i>	<i>400</i>	<i>40</i>	<i>16000</i>
<i>Montaje equipo.</i>	<i>350</i>	<i>45</i>	<i>15750</i>
<i>Puesta en marcha.</i>	<i>50</i>	<i>50</i>	<i>2500</i>
<i>Medidas contra incendio.</i>	<i>100</i>	<i>35</i>	<i>3500</i>
<i>Total costes</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>37750</i>

El precio de la mano de obra varía en función de la cualificación del personal asignado para la realización de cada tarea.

3. VISADO PROFESIONAL

Todas las instalaciones de carácter industrial deben obtener su correspondiente visado profesional. En este caso, el proyecto debe ser visado por E.T.S. de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación Ingeniería Industrial de la UPNA.

El importe del visado es establecido en base al tipo de instalación. Para instalaciones térmicas el coste se obtiene a partir de la potencia instalada, tal y como es indicado:

$$\text{Precio (€)} = 9623,15 + 110,44 \cdot F$$

* F, potencia nominal de la instalación en kW.

Recordar que la potencia de nuestra cámara frigorífica es de 30kW. El precio del visado será el siguiente:

$$\text{Precio (€)} = 9623,15 + 110,44 \cdot 30 = 12936,35 \text{ €}$$

4. REDACCIÓN DEL PROYECTO Y GASTOS DE INGENIERÍA

Esta partida incluye todos los gastos derivados de la realización del proyecto y de la ingeniería encargada de llevarlo a cabo. Tendré en cuenta los siguientes conceptos:

- * Cálculos del proyecto.
- * Redacción de la memoria.
- * Planos.
- * Gastos adicionales (visita distribuidores, clientes, ayuntamientos, gastos desplazamientos varios, etc...).

<i>Tarea</i>	<i>Tiempo (horas)</i>	<i>(€/hora)</i>	<i>Precio (€)</i>
<i>Cálculos del proyecto.</i>	30	40	1200
<i>Redacción de la memoria.</i>	80	40	3200
<i>Planos.</i>	20	40	800
<i>Gastos adicionales.*</i>	25	80*	2000
<i>Total costes</i>	-	-	7200

*El precio por hora en gastos adicionales es superior al resto, debido a que están incluidos gastos como pueden ser: desplazamientos, dietas, impresión de documentos, tareas administrativas, etc.



5. RESUMEN DE TODOS LOS COSTES DEL PROYECTO

- Coste de los Materiales.....	62260,73 €
- Mano de obra.....	37750 €
<hr/>	
Presupuesto de ejecución Material.....	100010,73 €
10 % de beneficio industrial y gastos generales.....	10 001,07 €
<hr/>	
Total presupuesto de contrata.....	110 011,80 €
- Visado del colegio profesional.....	12936,35 €
- Redacción del proyecto y gastos de ingeniería.....	7200 €
IVA (21 % / 130138,15 €).....	27329,01 €
<hr/>	
Total del presupuesto.....	157477,16 €

Asciende el presente presupuesto a la cantidad de CIENTO CICUENTA Y SIETE MIL CUATROCIESTOS SETENTA Y SIETE CON DIECISEIS CÉNTIMOS (#157477,16€#)



ESCULA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁMARA GERMINADORA DE SEMILLAS

DOCUMENTO 5

BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Pablo Castillejo Hernández

Tutor: Juan José Aguas Alcalde

Pamplona, 30 de Abril del 2014



ÍNDICE

1. LIBROS Y DOCUMENTOS.....	3
2. NORMATIVA Y REGLAMENTOS.....	3
3. CATALOGOS.....	4
4. PÁGINAS WEB.....	4
5. PROGRAMAS INFORMÁTICOS.....	4



1. LIBROS Y DOCUMENTOS

*LIBROS:

- Thompson, John Robson. *Introducción a la tecnología de semillas*. Editorial Acribia. Zaragoza. 1983.
- Pita Villamil, José Manuel. *Germinación de semillas*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 1998.
- White, Frank M. *Mecánica de Fluidos*. Editorial McGraw-Hill. 2008.
- Atecyr. *Fundamentos de climatización*. Madrid. 2010.
- Godoy, Francisco. *Climatización: Instalaciones termo frigoríficas*. Editorial Paraninfo. Madrid. 1994.

*DOCUMENTOS:

- Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas. Pablo Melgarejo Moreno. A. Madrid Vicente, Ediciones. 1995.
- Manual de instalaciones frigoríficas. Joan Balboa. Ediciones Ceysa
- Miranda A.L. i Monleón M., Cámaras Frigoríficas, Editorial Ceac, Barcelona, 1996.
- Pinazo Ojer J.M., Cálculos en Instalaciones Frigoríficas, Publicaciones UPV, 1995.
- Rapin P.J., Instalaciones Frigoríficas Tomo I, II, Editorial Macomb, Barcelona, 2004.
- ASHRAE, Refrigeration Handbook, 1994.

2. NORMATIVA Y RELAMENTOS

- CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.

La normativa que debemos aplicar en este proyecto es la que recoge el código técnico de edificación (CTE), con algunas incorporaciones:

- Normas UNE.
- DB SE Seguridad estructural.
- DB SE-AE Acciones de la edificación.
- DB SE-C Cimientos.
- DB SE-A Acero.
- DB SI: Seguridad Caso de Incendio.
- DB HS: Salubridad.
- DB HE Ahorro de energía (2013) BOE 12/09/2013.
- REAL DECRETO 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.
- REAL DECRETO 3099/1977, de 8 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas.
- Norma básica NBE-CT-79 sobre Condiciones Térmicas en los Edificios.
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (IT.IC).
- Reglamento de seguridad e higiene.
- Reglamento de Aparatos a Presión (Real decreto 2060/2008) de 12 de Diciembre
- UNE-EN 12735-1 “Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para aire acondicionado y refrigeración. Parte 1: Tubos para canalizaciones”.



- Reglamento (CE) N° 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de Junio de 2000 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.
- Reglamento (CE) N° 842/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de Mayo de 2006 sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero.
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos laborales.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Aprobado por el Real Decreto 1751/1998. (Versión 31/07/2006).
- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (RSCIEI). Aprobado por el Real Decreto 2267/2004. (Versión 17/12/2004).

3. CATALOGOS

- Catálogo de compresores BITZER.
- Catálogo de condensador y evaporador GUNTNER.
- Turba PINDSTRUP.

4. PÁGINAS WEB

- www.botanical-online.com
- www.coldkit.com/es

5. PROGRAMAS INFORMÁTICOS

- BITZER, Software 6.3.
- MPC Software, 2011.



ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

CÁMARA GERMINADORA DE SEMILLAS

DOCUMENTO 6

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD

Alumno: Pablo Castillejo Hernández

Tutor: Juan José Aguas Alcalde

Pamplona, 30 de Abril del 2014

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. RSIF. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO Y SEGURIDAD.....3

1.1. Carga máxima de refrigerante.....	3
1.2. Sala de máquinas. Diseño y construcción.....	4
1.2.1. Aspectos generales.....	4
1.2.2. Ventilación.....	5
1.3. Cámara frigorífica. Diseño y construcción.....	5
1.4. Medidas de prevención y protección del personal.....	6

CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN EN CASO DE INCENDIO.....7

2.1. Introducción.....	7
2.2. Métodos de evaluación del riesgo de incendios.....	8
2.2.1. Método de los factores alfa.....	8
2.2.2. Método de los coeficientes K.....	8
2.2.3. Método de Gretener.....	8
2.2.4. Método de Gustav Purt.....	9
2.3. Cálculo de la instalación de incendios según el reglamento.....	10
2.3.1. Caracterización del establecimiento en relación a la seguridad contra incendios.....	10
2.3.2. Requisitos constructivos del sistema.....	12
2.3.3. Requisitos instalación contra incendios del establecimiento.....	13
2.3.4. Medidas adoptadas.....	14

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES.....15

3.1. Riesgos y origen.....	15
3.2. Medidas preventivas.....	15
3.2.1. Caída de personas al mismo nivel.....	15
3.2.2. Golpes o cortes con objetos o herramientas.....	16
3.2.3. Atrapamientos por o entre objetos.....	16
3.2.4. Incendios y explosiones.....	16
3.2.5. Manipulación manual de cargas.....	17
3.2.6. Posturas forzadas.....	19
3.2.7. Caída de objetos en manipulación.....	19
3.2.8. Contactos eléctricos.....	19
3.2.9. Sobreesfuerzo.....	20
3.2.10. Exposición a agentes químicos por contacto.....	21
3.2.11. Exposición a agentes químicos por inhalación.....	21
3.2.12. Exposición a ruido.....	22
3.2.13. Choque contra objetos inmóviles.....	22
3.2.14. Accidentes por circulación.....	22
3.2.15. Proyección de fragmentos o partículas.....	23
3.2.16. Caída de objetos desprendidos.....	23
3.2.17. Posturas forzadas.....	23



1. RSIF. ASPECTOS RELACIONADOS CON EL DISEÑO Y LA SEGURIDAD

El reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas (RSIF) hace referencia a diferentes aspectos relacionados con el diseño y la seguridad, que son de obligado cumplimiento para todas las instalaciones.

Entre los más importantes, destacar:

- * Carga máxima de refrigerante.
- * Sala de máquinas. Diseño y construcción.
- * Cámara frigorífica. Diseño y construcción.
- * Medidas de prevención y protección del personal.

La instalación de protección contra incendios, es una parte muy importante en materia de seguridad. No es considerada en profundidad en este apartado.

1.1. CARGA MÁXIMA DEL REFRIGERANTE

Es importante saber cuál es la carga de refrigerante en la instalación, ya que este valor será necesario para realizar algunos cálculos.

Para determinar este valor, sólo se tendrá en cuenta el volumen de refrigerante en estado líquido, ya que el vapor tiene una densidad muy pequeña y en caso práctico podemos despreciarla.

Las partes de la instalación que contienen refrigerante en estado líquido son los evaporadores, el condensador y la línea de líquido.

En los intercambiadores de calor se produce un cambio de estado del fluido, como consecuencia tendremos presencia de líquido y de vapor. A nivel de cálculo, podemos considerar que tanto en los evaporadores como en condensador, el 50% del volumen es ocupado por líquido.

Despreciaremos el volumen de la línea de líquido, ya que el diámetro de las tuberías es pequeño.

Aplicaremos un factor corrector de 1'10 para así tener en cuenta los tramos de vapor y la tubería de líquido.

En la tabla siguiente se muestra el volumen de los intercambiadores y las propiedades del fluido en los dos estados.



	<i>Evaporador</i>	<i>Condensador</i>
<i>Volumen (litros)</i>	9,3	22,4
<i>Temperatura (°C)</i>	5	50
<i>Volumen específico (dm³/kg)</i>	0'809	1,117

A partir de las propiedades del fluido y del volumen de los elementos, podemos determinar la carga de refrigerante (M).

$$M = 1'10 \cdot 0'50 \cdot \left(\frac{2 \cdot V_e}{v_e} + \frac{V_c}{v_c} \right)$$

$$M = 1,10 \cdot 0,50 \cdot ((2 \cdot 9,3 / 0'809) + (22,4 / 1,117)) = 32,69 \text{ kg}$$

Podemos decir que la carga de refrigerante aproximada del sistema será de 33 kg.

1.2. SALA DE MÁQUINAS.DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

La instrucción MI-IF 07 hace referencia a los criterios y requisitos de la sala de máquinas para plantas de refrigeración.

1.2.1 Aspectos generales.

Dentro de los aspectos generales, podemos destacar:

- 1. Parada del sistema:* Fuera de la sala de máquinas y cerca de la puerta de acceso debemos instalar un interruptor que nos permita la parada al momento del sistema.
- 2. Ventilación:* Es de obligado cumplimiento en la sala de máquinas, instalar un sistema de ventilación natural o forzado.
- 3. Extintores portátiles:* La sala de máquinas deberá disponer de un mínimo de 2 extintores de polvo polivalentes (ABC), situados en la puerta y en el extremo opuesto. Si se utiliza refrigerantes inflamables, deberemos colocar extintores en las proximidades de los accesos a la cámara y locales que contengan componentes frigoríficos.
- 4. Señalización de advertencia:* En la entrada a la sala de máquinas deberemos colocar señales con la prohibición del acceso a personal no autorizado, prohibición de fumar y manipular el sistema.
- 5. Dimensiones y accesibilidad:* Deberán de tener las dimensiones necesarias que nos permitan realizar las diferentes operaciones de mantenimiento y control.
- 6. Puertas:* Deberán abrirse de dentro hacia fuera (sistema antipático) y un número suficiente que nos permita una rápida evacuación.

7. *Cerramientos*: Serán de unas características que cumplan con el reglamento de incendios y las ordenanzas municipales de niveles de ruido.

1.2.2 Ventilación.

En la sala de máquinas deberá ser instalado un sistema de ventilación natural o forzada, con aire del exterior del establecimiento. Para fluidos más ligeros que el aire, como es en el caso de nuestra instalación, el volumen de aire que será renovado saldrá de los puntos más altos de la sala, y la entrada se situará en los puntos más bajos de la misma.

En el caso de nuestra instalación, la ventilación se realizará de forma natural, pues no hay ningún factor de tipos técnico que lo impida. La superficie total de apertura libre para ventilación natural deberá ser:

$$A = 0,14 \cdot m^{1/2}$$

* A , área de apertura, en m^2 .

* m , es la carga de refrigerante existente en el sistema, en kg.

La carga de refrigerante estimada en el sistema será de aproximadamente 33kg. El área de apertura será:

$$A = 0,14 \cdot 33^{1/2} = 0,80 m^2$$

Para instalaciones que funcionan con refrigerantes del grupo L2, al menos una de las salidas de emergencia deberá de comunicar directamente con el exterior, o bien a un pasillo dotado con puertas antipánico que comuniquen con el exterior.

1.3. CÁMARA FRIGORÍFICA. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Las prescripciones que afectan a nuestra instalación, son enumeradas a continuación:

1. *Flujo máximo permitido*: Para garantizar el mínimo impacto medioambiental, la densidad de flujo para cámaras con temperatura positiva, no será nunca superior a $8W/m^2$.

2. *Dimensiones del aislante*: Debe evitar la formación de condensaciones superficiales no esporádicas según queda establecido en los apartados H.2.1 y H.2.3 del código técnico de la edificación en el documento básico de ahorro energético.

3. *Hacha de bombero*: al lado de toda puerta de cámara frigorífica con, debe haber ubicado un hacha de bombero con mango del tipo sanitario y de longitud mínima de 800mm.

4. *Sistema de equilibrado de presiones*: Todas las cámaras con volumen superior a $20m^3$ dispondrán de un sistema de válvulas de equilibrado de presiones y debe ser justificada su elección.

6. *Dispositivo de regulación*: Los dispositivos de regulación y control serán situados, siempre que sea posible, en el exterior de la cámara.



1.4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DEL PERSONAL

En el proyecto e instalaciones frigoríficas se cumplirán, además de las prescripciones establecidas en el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas y sus Instrucciones.

Técnicas complementarias, las disposiciones específicas de prevención, protección y lucha contra incendios, de ámbito nacional o local, que les sean de aplicación.

Los agentes extintores utilizados no deberán congelarse a la temperatura de funcionamiento de las instalaciones, serán compatibles con los refrigerantes empleados en las mismas, y adecuados para su uso sobre fuegos eléctricos y fuegos de aceite, si se usan interruptores sumergidos en baño de aceite.

Los sistemas de extinción se revisarán periódicamente, encontrándose en todo momento, en adecuadas condiciones de servicio.



2. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN EN CASO DE INCENDIO

2.1. INTRODUCCIÓN

Un incendio es una reacción química de oxidación – reducción fuertemente exotérmica, siendo los reactivos el oxidante y el reductor. En terminología de incendio, el reductor se denomina combustible y el oxidante, comburente; las reacciones entre ambos se denominan combustiones.

Para que se inicie un incendio, es necesario que el combustible y el comburente se encuentren en el espacio y tiempo en un estado energético suficiente para que pueda producirse la reacción entre ellos.

La energía necesaria para que tenga lugar esta reacción es denominada energía de activación; esta energía de activación es la aportada por el foco de ignición.

La reacción de combustión es una reacción exotérmica. De la energía desprendida, parte de ella es disipada en el ambiente produciendo los efectos térmicos del incendio y otra parte calienta a más reactivos; cuando esta energía es igual o superior a la necesaria, el proceso continúa mientras existan reactivos. Se dice que hay reacción en cadena.

Por lo tanto, para que un incendio se inicie deben de coexistir tres factores: combustible, comburente y foco de ignición que forman en conocido “triángulo del fuego”; y para que el incendio progrese, la energía desprendida en el proceso debe de ser suficiente para que se produzca la reacción en cadena.

Estos cuatro factores forman el “tetraedro del fuego”.

Todos los establecimientos que realicen actividades del tipo industrial deben de cumplir los requisitos de protección contra incendios fijados por el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos

Industriales y las instrucciones técnicas complementarias, según está establecido en el artículo 2 del capítulo 1 del reglamento descrito.

Los puntos a tener en cuenta en la seguridad, en tema de incendios son los siguientes:

- * Detección, control y extinción del incendio.
- * Evacuación de los ocupantes.
- * Intervención de los bomberos.
- * Resistencia al fuego de la estructura.

Las medidas que deberemos adoptar para proteger la instalación en caso de incendio, vendrán descritas en función de una serie de características propias de la instalación, como son: morfología y dimensiones del establecimiento, tipo de actividad que se realizará, producto que alberga, número de personas que trabajarán, etc.

2.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIOS

La evaluación del riesgo de incendio constituye un tema de gran interés, existiendo una gran variedad de métodos. Esto es debido a la multitud de factores implicados en la valoración, a su cambio con el tiempo y a la finalidad que persigue cada método.

La gran mayoría de métodos sólo evalúan la magnitud de las consecuencias derivadas del incendio, y no tienen en cuenta la probabilidad del inicio del fuego.

A continuación describiré brevemente algunos de los métodos más utilizados en la evaluación del riesgo de incendio y sus posibles aplicaciones.

2.2.1 Método de los factores *alfa*.

La finalidad de este método es parcial y consiste en determinar para un sector, sobre la base de riesgo del mismo, la resistencia y/o estabilidad al fuego necesaria, de manera que se garantice que, en caso de incendio, sus consecuencias queden minimizadas. Por este motivo, más que un método de evaluación de riesgo, se trata de un método de aislamiento del mismo.

2.2.2 Método de los factores *K*.

Igual que el método anterior, sólo permite evaluar las condiciones de resistencia/estabilidad al fuego de un sector de incendio. Sin embargo, este método es más preciso en los resultados que el método anterior.

El método tiene su especial interés por haber sido estudiado por algunas de las Ordenanzas de Prevención y Protección contra incendios de los Ayuntamientos, como de Madrid y Barcelona.

2.2.3 Método de *Gretener*.

Es un método que permite evaluar cuantitativamente el riesgo de incendio, para construcciones industriales como para establecimientos públicos densamente ocupados; siendo este método posiblemente el más conocido y aplicado en España.

El método hace referencia al conjunto de edificios o partes de él que tienen compartimentos cortafuegos separados de manera adecuada.

El método parte del cálculo de riesgo potencial de incendio (B), que es la relación entre los riesgos potenciales presentes, debidos al edificio y al contenido (P) y los medios de protección presentes (M).

$$B = P / M$$

Se calcula el riesgo de incendio efectivo (R) para el compartimento cortafuegos más grande o más peligroso del edificio, siendo su valor:

$$R = B \cdot A$$

Siendo el factor (A), el peligro de activación.



Se fija un riesgo de incendio aceptado (R_u), partiendo de un riesgo normal corregido por medio de un factor que tiene en cuenta el mayor o menor peligro para las personas.

La valoración del nivel de seguridad contra incendios se realiza por comparación del riesgo de incendio efectivo con el riesgo de incendio aceptado, obteniendo el factor de seguridad contra el incendio (Y), el cual se expresa de la siguiente forma:

$$Y = R_u / R$$

(Cuando $Y \geq 1$, el nivel de seguridad se considera suficiente, siendo insuficiente cuando $Y < 1$).

2.2.4 Método de Gustav Purt.

Este método puede considerarse una derivación simplificada del método Gretener. Está explicado y desarrollado en el Reglamento de seguridad contra incendios para establecimientos industriales. RD 786/2001, de 6 de julio.

A fin de determinar las exigencias en materia de seguridad contra incendios, el RD 786/2001 en primer lugar, fija la caracterización del establecimiento en relación con la seguridad contra incendios, según su configuración y ubicación en relación con su entorno y según su nivel de riesgo intrínseco.

En cuanto a su configuración y ubicación en relación a su entorno, los edificios industriales se clasifican en 5 niveles (A, B, C, D, y E): los tres primeros para establecimientos industriales situados en un edificio y los otros dos restantes para establecimientos industriales que desarrollen su actividad en espacios abiertos que no forman un edificio.

Para evaluar el nivel de riesgo intrínseco se determina la densidad de carga de fuego ponderada y corregida para un sector de incendio, para un edificio o conjunto de sectores de incendio y para un establecimiento industrial, cuando desarrolle su actividad en más de un edificio, situados en un mismo recinto.

Los niveles de riesgo intrínseco de incendio así calculados quedan establecidos en tres grupos: nivel de riesgo alto, medio y bajo.

Según la clasificación obtenida en el apéndice 1 del RD, son establecidos los requisitos constructivos que deben reunir los establecimientos industriales (Apéndice 2 del RD) y los requisitos de las instalaciones de protección contra incendios (Apéndice 3 del RD).

Finalmente en el Apéndice 4 del RD son establecidos un listado de normas UNE de obligado cumplimiento en la aplicación de este reglamento.

2.3. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE INCENDIOS SEGÚN EL REGLAMENTO

El reglamento de incendios anteriormente descrito, sigue los siguientes puntos para el cálculo y medidas a tomar en tema de incendios de todo tipo de establecimiento industrial:

- * Caracterización del establecimiento en relación a la seguridad contra incendios.
- * Requisitos constructivos del establecimiento.
- * Requisitos de la instalación de protección contra incendios del establecimiento.

2.3.1 Caracterización del establecimiento en relación a la seguridad contra incendios.

La caracterización del establecimiento viene dado por la configuración y ubicación en relación con el entorno y del nivel de riesgo intrínseco del establecimiento.

2.3.1 Caracterización del establecimiento en relación a la seguridad contra incendios.

La caracterización del establecimiento viene dado por la configuración y ubicación en relación con el entorno y del nivel de riesgo intrínseco del establecimiento.

2.3.1.1 Sectorización del establecimiento y características del sector de incendio.

Se entiende como sector de incendio aquella zona de un establecimiento separada del resto por elementos constructivos de unas determinadas características, donde se pueden realizar actividades de diferente naturaleza y riesgo intrínseco al fuego. Un establecimiento puede estar formado por uno o más sectores de incendio.

En nuestro caso, la cámara de germinación que irá construida en el interior del invernadero, quedará separada en un sector de incendio:

- * *Sector I*: Estará formado por la cámara frigorífica y la sala de máquinas.

El sector I es una zona destinada básicamente al almacén del producto.

	<i>Superficie (m²)</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Descripción</i>
Sector I	50 25	3	- Cámara frigorífica - Sala de máquinas

2.3.1.2 Configuración y ubicación en relación al entorno.

El punto 2 del anexo I del reglamento define 5 tipos de establecimientos clasificados como tipos A, B, C, D y E en función de su configuración y ubicación en relación al entorno.

En nuestro caso, el establecimiento esta dentro de la clasificación del tipo C, definido según la norma como:

Establecimiento industrial que ocupa totalmente un edificio, o diversos. Que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo. Esta distancia debe estar libre de mercancías inflamables o elementos intermediarios susceptibles de propagar un incendio.

2.3.1.3 Nivel de riesgo intrínseco.

Según el apartado 3 del anexo I del reglamento el cálculo de la carga de fuego, ponderada y corregida de un sector de incendios se realizará a partir de dos expresiones dependiendo de ser una actividad de almacenaje o no.

Carga al fuego para actividades diferentes al almacenaje:

$$Q_s = \sum (q_{si} \cdot S_i \cdot C_i) \cdot \frac{R_a}{A} \quad [MJ/m^2]$$

Carga al fuego para actividades de almacenaje:

$$Q_s = \sum (q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot S_i) \cdot \frac{R_a}{A} \quad [MJ/m^2]$$

Carga al fuego de un establecimiento:

$$Q_E = \frac{\sum (Q_{ei} \cdot A_{ei})}{\sum A} \quad [MJ/m^2]$$

* C_i , coeficiente a dimensional de ponderación del grado de peligro del combustible.

* R_a , coeficiente adimensional de corrección del grado de peligro según la actividad.

* A , superficie del sector de incendio en m^2 .

* q_{si} , densidad de carga al fuego según el proceso, en MJ/m^2 .

* q_{vi} , densidad de carga al fuego según el proceso, en MJ/m^3 .

* S_i , superficie de cada zona con actividad y densidad de carga diferente, en m^2 .

* h_i , altura de almacenaje de cada uno de los productos, en m.

* S_i , superficie ocupada por cada zona de diferente tipo de almacenaje, en m^2 .

El sector I es considerado como edificio frigorífico, se deberá tener en cuenta los productos en su interior.

Valores para el cálculo de la densidad de fuego:

	Producto	$q_{si} (kJ/m^2)$	R_a	C_i	$S_i (m^2)$	$h_i (m)$
Sector I	frigorífico	2000	2	1,6	50	-
	Producto	372*	1	1	32	2,6

*La carga de producto es el valor, por tratarse de almacenaje.

* **Sector I:**

$$Q_s = (2000 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 2 + 372 \cdot 1 \cdot 2,6 \cdot 32 \cdot 1) / 50 = 8.619,008 \text{ MJ/m}^2.$$

Establecimiento:

$$Q_E = \sum_i (Q_{ei} A_{ei}) / \sum_i A_i, \rightarrow (8.619,008 \cdot 50) / (50) = 8.619,008 \text{ MJ/m}^2.$$

A partir de la tabla 1.3 del anexo I, podemos clasificar el nivel de riesgo de cada sector, dentro de una escala del 1 al 8 en función del valor de Q_s .

Sector I: $425 < Q_s < 850 \text{ MJ/m}^2 \rightarrow$ Nivel de riesgo intrínseco 2 (Bajo).

Sector 2: $6800 < Q_s < 13600 \text{ MJ/m}^2 \rightarrow$ Nivel 7 (Alto).

Establecimiento: $3400 < Q_s < 6800 \text{ MJ/m}^2 \rightarrow$ Nivel 7 (Alto).

2.3.2 Requisitos constructivos del establecimiento.

Los requisitos constructivos constituyen los llamados elementos pasivos de protección. Son aquellos que tienen por objetivo facilitar la evacuación, la intervención de los bomberos, evitar durante un cierto tiempo que el fuego se propague hacia otros sectores y otros aspectos que no intervienen de forma directa en la extinción del incendio.

Los requisitos que afectan a la instalación del presente proyecto, son descritos a continuación:

1. Fachadas accesibles: La fachada del edificio debe disponer de accesos suficientes para facilitar la intervención de los servicios de extinción de incendios. Estas deben de tener unas dimensiones verticales y horizontales mínimas de 0'8m y 1'2m, respectivamente, con una altura máxima respecto del nivel de planta no superior a 1'2m. La distancia entre los ejes verticales de dos accesos consecutivos no debe superar los 25m.

2. Superficie máxima construida de cada sector de incendio: En función del nivel de riesgo y del tipo de establecimiento, obtenemos en la tabla las dimensiones máximas permitidas. En nuestro caso, será: Tipo C y niveles 2 y 7. Superficies máximas, 6000 y 2500 m² respectivamente.

3. Resistencia al fuego de elementos estructurales portantes: En nuestro caso, no deberemos justificar la resistencia al fuego de la estructura, al tratarse de un edificio de una sola planta del tipo C, y con una separación con los límites de la parcela superiores a 10m.

4. Longitud máxima del recorrido de evacuación: Para el sector I de 25m. Según la tabla, en el sector I nos vemos obligados a tener dos salidas alternativas de evacuación con unos recorridos que formen un ángulo mínimo de 45°, para evitar la existencia de humos en los dos de forma simultánea.

5. Sistema de extracción de humos: Según el artículo 7.1 dispondrán de estos sistemas los sectores con riesgo alto y de superficie construida igual o superior a 800m².



6. Distancia respecto a zonas forestales: Según el artículo 10, los establecimientos con riesgo medio y alto ubicados cerca de zonas forestales deben de mantener una franja perimetral de 25m de anchura permanente, libre de vegetación.

7. Instalaciones específicas: Según el artículo 9, las instalaciones frigoríficas deberán de tener en cuenta las especificaciones del reglamento de seguridad en plantas e instalaciones frigoríficas, respecto a lo que hace referencia a la seguridad y medidas contra incendios.

2.3.3 Requisitos instalación contra incendios del establecimiento.

Son aquellos dispositivos que tienen como objetivo actuar de forma directa en la extinción del incendio.

Estos requisitos quedan recogidos en el anexo III del reglamento. Los que afectan a la instalación del presente proyecto, son enumerados a continuación:

1. Sistemas automáticos de detección: Para edificios del tipo C, con actividad de almacenaje y sectores con riesgo de incendio alto, es obligado la presencia de esta medida, cuando la superficie del sector sea $> 800\text{m}^2$. (Para niveles de riesgo bajo, no son necesarios).

2. Sistemas de detección manual: Los sistemas de detección manuales son de aplicación en las mismas condiciones que los automáticos para las características del sector II, pero pueden prescindir de esta medida las instalaciones que tengan sistemas de detección automáticas.

3. Sistema de comunicación de alarma: Es necesario cuando la superficie total del establecimiento es igual o superior a 10.000m^2 .

4. Sistema de hidrantes exteriores: Según el contenido de la tabla 3.1 del apartado 7, para establecimientos del tipo C será necesario este sistema cuando la superficie construida del sector supere los 2000m^2 en caso de riesgo alto. (Para nivel de riesgo no es necesario).

5. Extintores de incendio: Según el apartado 8, serán instalados extintores portátiles en todos los establecimientos industriales. El extintor será seleccionado de acuerdo con la tabla 1.1 del anexo I, teniendo en cuenta el tipo de combustible A o B presente en cada zona del establecimiento. En el sector I existen combustibles de clase A y B. Según la tabla 3.1, para riesgo alto debemos disponer de un extintor para cada 200m^2 de superficie. Para extintores de la clase B, la dotación mínima será la presencia de un extintor cada 15m.

6. Sistemas de boca de incendios equipados (BIE's): Según el apartado 9, dispondrán de este sistema el sector con riesgo alto del tipo C con superficie superior a los 500m^2 . Las características serán las indicadas según el nivel de riesgo. (Para niveles de riesgo bajo no son necesarios).

7. Sistema de rociadores automáticos de agua: Dispondrán de este sistema los sectores con riesgo elevado del tipo C con una superficie superior a los 1000m^2 .

8. Sistemas de agua polvorizada: serán instalados sistemas de agua polvorizada cuando por la configuración, proceso y ubicación del riesgo sea necesario refrigerar partes de esta

para asegurar la estabilidad de la estructura, y evitar los efectos de la radiación emitida por otro riesgo próximo.

9. Sistema de alumbrado de emergencia: Se instalará alumbrado de emergencia en las vías de evacuación del sector de riesgo alto con una ocupación igual o mayor a 10 personas, de riesgo bajo con una ocupación igual o mayor a 25 personas y en las zonas donde haya cuadros eléctricos y control de las instalaciones de protección contra incendios o de cualquier otra instalación técnica de servicio. Deberá de cumplir los siguientes requisitos:

- * Será fija, provista de fuente de energía propia con autonomía mínima de una hora.
- * Entrará automáticamente en servicio en caso de fallo del 70% de la tensión nominal de servicio.
- * Proporcionará una intensidad de luz mínima de un lux, medición tomada a nivel del suelo en el recorrido de evacuación.
- * Señalización: Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de uso manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida.

2.3.4 Medidas adoptadas.

En la siguiente tabla son descritas las medidas adoptadas en función de los requisitos contra incendio del establecimiento:

<i>Medidas adoptadas.</i>	<i>Sector I</i>
<i>Sistemas detección.</i>	<i>Si</i>
<i>Sistemas comunicación alarma.</i>	<i>No</i>
<i>Hidrantes exteriores.</i>	<i>Si</i>
<i>Extintores portátiles.</i>	<i>Si</i>
<i>Bocas de incendio equipadas (BIE's).</i>	<i>Si</i>
<i>Rociadores automáticos de agua.</i>	<i>No</i>
<i>Agua polvorizada.</i>	<i>No</i>
<i>Sistemas de espuma física, extinción por polvo o agentes gaseosos.</i>	<i>No</i>
<i>Alumbrado de emergencia.</i>	<i>Si</i>
<i>Señalización.</i>	<i>Si</i>

Las características del **Sector I:**

1. Dispositivos de detección de humos en todos los espacios cerrados del sector (Cámara frigorífica y sala de máquinas).
2. Hidrantes exteriores con un caudal y autonomía mínimos de 2000l/min y 90 min respectivamente.
3. Extintores portátiles del tipo A y B.
4. 2 BIE's del tipo DN 45mm con una autonomía de 90min.
5. Alumbrado de emergencia en todos los recorridos de evacuación.
6. Señalización de todos los sistemas de protección contra incendios, recorridos de evacuación y salidas del sector.

3. EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES

En este apartado serán descritos los posibles riesgos con los que nos podemos encontrar, su origen y lo más importante: medidas preventivas que nos ayuden a minimizar los daños.

3.1. RIESGOS Y ORIGEN

Durante la instalación, mantenimiento o reparación, la realización de cualquiera de estas actividades incluye unos riesgos que debemos tener presentes. A continuación son detallados los posibles riesgos y sus orígenes, con el fin de minimizar los daños.

Caídas al mismo nivel.
Golpes o cortes con objetos o herramientas.
Atrapa miento por o entre objetos.
Incendios y explosiones.
Manipulación manual de carga.
Posturas forzadas.
Caídas de objetos en manipulación.
Contactos eléctricos.
Sobreesfuerzos.
Exposición de agentes químicos por contacto.
Exposición de agentes químicos por inhalación.
Exposición al ruido.
Choques contra objetos inmóviles.
Accidentes por circulación.
Protección de fragmentos o partículas.
Caída de objetos desprendidos.
Posturas forzadas.

3.2. MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación son detalladas las diferentes medidas preventivas a ejecutar, dependiendo de la operación que se esté realizando en el momento.

3.2.1 *Caídas al mismo nivel.*

La caída de personas al mismo nivel, puede ser motivado por el orden y limpieza de la zona de trabajo, condiciones del piso irregularidades, derrames, cables en zonas de paso, etc. Las normas de seguridad a seguir son las siguientes:

- * Evitar que los cables eléctricos de alimentación de los distintos equipos utilizados pasen por zonas de paso o de trabajo.
- * En el caso de que se produzca algún derrame o salpicadura de líquido en el piso, se deberá limpiar inmediatamente, el piso se debe mantener bien seco.
- * Uso obligatorio de calzado de seguridad con suela antideslizante.



3.2.2 Golpes o cortes con objetos o herramientas.

Son provocados por el uso de herramientas manuales. Las medidas de seguridad para la utilización segura de las herramientas manuales, serán las siguientes:

- * Usar las herramientas más apropiadas por sus características y tamaño a las operaciones a realizar.
- * Sujetar de forma segura los materiales y herramientas. Las herramientas de corte deben mantenerse bien afiladas.
- * Las herramientas cortantes o punzantes se guardarán y transportarán en cajas o fundas adecuadas.
- * Las herramientas deben estar en buen estado de limpieza y conservación. Se revisará periódicamente el estado de los mangos, recubrimientos aislantes, etc.
- * Utilizar guantes de protección en todas las operaciones con riesgo de cortes, pinchazos, abrasión, siempre y cuando no suponga un riesgo añadido para el trabajador.

3.2.3 Atrapa miento por o entre objetos.

Los lugares con un nivel de riesgo importante serán las partes móviles de los motores y partes móviles accesibles de los equipos de trabajo utilizados.

Las pautas a seguir son:

- * Prohibido inutilizar los resguardos o dispositivos de seguridad que impiden el acceso a las zonas peligrosas o que detienen las maniobras peligrosas antes del acceso a los elementos móviles de los equipos de trabajo que puedan entrañar riesgos de accidente por contacto mecánico (atrapamiento, aplastamiento, arrastre, cizallamiento, etc.).
- * Nunca se debe manipular el compresor estando éste en marcha.
- * El mantenimiento, montaje y desmontaje de los equipos de trabajo debe realizarse de manera segura cumpliendo con las instrucciones del fabricante o en su defecto las elaboradas por el empresario.
- * Debe verificarse que el equipo de trabajo dispone de dispositivos que permitan el bloqueo de los equipos de trabajo e impidan su puesta en marcha cuando se realicen operaciones de limpieza, mantenimiento o reparación. Además, se debe señalar que se están efectuando dichas operaciones.

3.2.4 Incendios y explosiones.

La posible utilización de productos químicos inflamables (aceites, grasas, siliconas) y su incorrecto uso, puede dar lugar a incendios y explosiones.

Las botellas de gases deben de almacenarse de forma que queden protegidas contra agresiones de tipo mecánico. Deben protegerse de las fuentes de calor y en general de las inclemencias del tiempo.

Cuando se utilicen botellas de gases se deberán respetar las siguientes normas de seguridad:

- * No utilizar botellas cuyas características y contenido no estén claramente especificados. En tal caso, devolverla al proveedor.
- * Manipularlas en todo momento con cuidado, tratando de evitar caídas, golpes o cualquier otra agresión mecánica.
- * Sólo deben utilizarse en lugares bien ventilados o al aire libre, manteniéndolas siempre alejadas de focos de calor.

- * Nunca se utilizarán botellas de gas combustible cerca de chispas, llamas abiertas, partículas incandescentes (soldadura) u otros focos de ignición. Cuando se usen estos gases está prohibido fumar.
- * En el recinto de consumo sólo estarán las botellas en uso y las de reserva.
- * Usarlas siempre en posición vertical y mantenerlas perfectamente sujetas para evitar su caída.
- * Las válvulas de las botellas de gas deben abrirse completamente durante su utilización y deben mantenerse cerradas tras su uso.
- * Abrir las válvulas lentamente. La salida de la válvula se colocará en sentido contrario a la posición del operador y nunca en dirección a otras personas. Mientras no se esté utilizando una botella, se mantendrá su válvula completamente cerrada.
- * No forzar nunca la apertura o cierre de válvulas ni las conexiones.
- * No utilizar las botellas sin el reductor de presión.
- * Antes de quitar un reductor de presión de una válvula de botella, se cerrará la válvula y se liberará el gas retenido en el regulador.

Respetar las normas de seguridad para el transporte de botellas de gases:

- * Asegurarse de que la válvula está bien cerrada y que la botella tiene correctamente colocado el capuchón de protección antes de transportar cualquier botella, llena o vacía.
 - * Prohibido elevar botellas mediante eslingas o electroimanes; sólo deben utilizarse jaulas apropiadas.
 - * Evitar el arrastre o rodadura de las botellas en posición horizontal.
- Para su transporte hasta el lugar de utilización se debe utilizar una carretilla que garantice la sujeción de las botellas.

Cuando se utilizan productos inflamables siempre deben respetarse las siguientes normas de seguridad:

- * Mantenerlos alejados de cualquier foco de ignición (llamas, chispas, puntos a elevadas temperaturas).
 - * No fumar ni utilizar ningún aparato que produzca llamas o chispas (sopletes, equipos de soldadura o de corte...).
 - * No manipularlos en lugares cerrados y con ventilación escasa.
- Mantener una buena ventilación para evitar concentraciones peligrosas de sus vapores; abrir puertas y ventanas en caso necesario.

12.2.5 Manipulación manual de carga.

Antes de iniciar cualquier tarea en la que sea necesario levantar, sostener o desplazar una carga es muy importante tener en cuenta las siguientes consideraciones previas:

- * Siempre que sea posible utilizar las ayudas mecánicas disponibles: carretillas, carros, mesas elevadoras, etc.
- * Seguir las indicaciones que aparezcan en el embalaje acerca de los posibles riesgos de la carga, como pueden ser un centro de gravedad inestable, materiales corrosivos, etc.
- * Si no aparecen indicaciones en el embalaje, observar bien la carga, prestando especial atención a su forma y tamaño, posible peso, zonas de agarre, posibles puntos peligrosos, etc.
- * Solicitar ayuda de otras personas si el peso de la carga es excesivo o se deben adoptar posturas incómodas durante el levantamiento, siempre y cuando no se pueda resolver por medio de la utilización de ayudas mecánicas.

- * Antes de mover la carga pensar en la ruta que se va a seguir y eliminar posibles obstáculos que entorpezcan el paso.
- * Usar la vestimenta, el calzado y los equipos adecuados.

Como norma general, es preferible empujar una carga que arrastrarla (estirar de ella). Para reducir el esfuerzo necesario para empujar o estirar se debe tener en cuenta que:

- * Las manos se deben colocar a la altura adecuada, aproximadamente entre 90 y 115 cm, evitando las posiciones por encima del nivel de los hombros o por debajo de los nudillos (con el brazo vertical).
- * La distribución del peso de la carga debe ser uniforme y estable. Si se utilizan carros o carretillas se deben cargar de forma que el material no se deslice o rueda hacia fuera.
- * Cuando se usen equipos auxiliares, como carros o carretillas, deben mantenerse en buen estado: ruedas limpias y engrasadas, empuñaduras bien conservadas, etc.

Técnicas para empujar o arrastrar una carga:

1. Colocarse detrás de la carga y cerca de la misma.
2. Flexionar ligeramente las rodillas para utilizar los músculos de las piernas.
3. Mantener la espalda recta y los músculos del abdomen contraídos.
4. Utilizar ambos brazos para desplazar la carga.
5. Aprovechar el peso del cuerpo, para realizar el empuje o arrastre de la carga.

Al levantar una carga, aplicar las siguientes técnicas de manipulación:

- * Como norma general, es preferible manipular las cargas cerca del cuerpo, a una altura comprendida entre los codos y los nudillos.
- * Si se manejan cargas pesadas se deben evitar las alturas próximas al suelo o por encima del nivel de los hombros.

No obstante, si las cargas se deben coger desde el suelo o cerca de éste, se recomienda seguir los siguientes consejos:

1. Situar-se delante de la carga y próximo a la misma.
2. Separar los pies adelantando ligeramente uno de ellos en la dirección del movimiento, adoptando una postura estable y equilibrada.
3. Agacharse doblando las rodillas, manteniendo la espalda recta.
4. Agarrar firmemente la carga empleando ambas manos.
5. Levantarse extendiendo las piernas, manteniendo la espalda derecha y evitando movimientos bruscos. Sujetar la carga cerca del cuerpo durante todo el levantamiento.
6. Depositar la carga y después acomodarla si es necesario. Si es necesario girar con la carga lo haremos moviendo los pies y girando todo el cuerpo, nunca girando la cintura.

Al transportar una carga, aplicar las siguientes recomendaciones:

- * Desde el punto de vista preventivo se debe evitar recorrer distancias largas cuando se lleve una carga en los brazos.
- * Los trayectos superiores a 10 metros supondrán un gasto energético importante para el trabajador.

Los principios básicos a tener en cuenta cuando se transporte una carga son:



1. Llevar la carga frontalmente, nunca a un lado, y lo más cerca posible del cuerpo, repartiendo simétricamente el peso entre los dos brazos.
2. Agarrar adecuadamente la carga sosteniéndola correctamente por las asas o asideros, cuando los tenga, o bien cogiéndola con la palma de las manos y la base de los dedos.
3. Sujetar la carga con los brazos en ángulo recto (90°) y pegados al cuerpo para reducir el esfuerzo muscular.
4. Si el peso de la carga es considerable, mantener las rodillas ligeramente flexionadas con el fin de transferir el esfuerzo a las piernas.
5. Evitar inclinar o girar la columna durante el transporte.

3.2.6 Posturas forzadas.

Se deben evitar las posturas de trabajo forzadas que implican posiciones o movimientos extremos de las articulaciones: brazos por encima del nivel de los hombros, alcances por detrás del cuerpo, inclinación o torsión pronunciada de espalda y cuello, etc., especialmente si se están moviendo o sosteniendo cargas o realizando fuerzas elevadas. Para trabajar cerca del suelo se recomienda utilizar una banqueta para sentarse o apoyar una rodilla en el suelo.

3.2.7 Caídas de objetos en manipulación.

Durante la manipulación de la carga se deben tener en cuenta las siguientes medidas:

- * Asegurar la estabilidad de la carga al transportarla en transpaletas.
- * Inspeccionar la carga antes de su manipulación, con el objeto de determinar su estado, peso, forma y si hay astillas, clavos o si presenta dificultad de agarre.
- * No sobrepasar la carga admisible por estante.
- * Uso obligatorio de calzado de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante.

3.2.8 Contactos eléctricos.

Durante los trabajos de reparación, mantenimiento, etc. con los compresores:

- * Para proceder a la reparación del compresor, éste debe estar desconectado de la corriente eléctrica.
- * Se debe comprobar que el aparato tiene correctamente conectada la puesta tierra.
- * Sustituir los conductores eléctricos que tengan su aislamiento defectuoso o estén unidos entre sí mediante retorcimiento.
- * Las herramientas portátiles eléctricas deben disponer, preferentemente, de sistema de protección por doble aislamiento. En caso contrario, deben disponer de sistema de protección mediante puesta a tierra.
- * Instalar canalizaciones estancas y equipos y aparataje antideflagrante en los locales con riesgo de incendio o explosión.
- * Respetar las normas de seguridad básicas en el uso de equipos eléctricos:
- * Antes de utilizar cualquier equipo eléctrico se debe revisar su estado y el de sus conexiones y, particularmente, comprobar que conductores y partes activas estén bien aislados. Si se detecta cualquier anomalía, se comunicará de inmediato al responsable para su reparación.
- * Las conexiones eléctricas se harán mediante enchufes y tomas normalizadas que sean compatibles y aseguren una buena conexión.



No se utilizarán bases de enchufe o 'ladrones' que no permitan la conexión a tierra de los equipos.

* Cuando sea necesario utilizar alargaderas o bases de enchufe múltiples, asegurarse de que pueden soportar la potencia de los equipos conectados a ellas. Si estos elementos se sobrecargan, se pueden deteriorar o incluso quemar sus aislamientos.

* Para desconectar un equipo de la toma de corriente, tirar de la clavija, nunca del cable.

Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación deben ser realizadas por trabajadores autorizados que, en el caso de instalaciones de alta tensión, deben ser trabajadores cualificados. Para suprimir la tensión, una vez identificada la zona y los elementos de la instalación donde se vaya a realizar el trabajo, y salvo que existan razones para hacerlo de otra forma, se seguirá el siguiente proceso:

* Desconectar.

* Prevenir cualquier posible realimentación.

* Verificar la ausencia de tensión.

* Poner a tierra y en cortocircuito.

* Proteger frente a elementos próximos en tensión y establecer una señalización segura para delimitar la zona de trabajo.

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión. La reposición de la tensión empezará una vez finalice el trabajo, después de retirarse todos los trabajadores y recoger las herramientas y equipos utilizados. El proceso comprende:

* La retirada de las protecciones adicionales y la señalización que indican los límites de la zona de trabajo.

* La retirada de la puesta a tierra y en cortocircuito.

* El desbloqueo y la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.

* El cierre de los circuitos para reponer la tensión.

3.2.9 Sobre esfuerzos.

A modo de indicación general, el peso de los objetos manipulados no debe sobrepasar los 25 kg. No obstante, este límite se debe reducir a 15 kg como máximo cuando los trabajadores expuestos sean mujeres, personas jóvenes o mayores. En circunstancias especiales, trabajadores sanos y entrenados físicamente podrían manipular cargas de hasta 40 kg, siempre que la tarea se realice de forma esporádica y en condiciones seguras. Asimismo se deben evitar las posturas de trabajo forzadas que implican posiciones o movimientos extremos de las articulaciones: brazos por encima del nivel de los hombros, alcances por detrás del cuerpo, inclinación o torsión pronunciada de espalda y cuello, hombros desalineados, etc., especialmente si se están moviendo o sosteniendo cargas o realizando fuerzas elevadas.

3.2.10 Exposición de agentes químicos por contacto.

Se deben utilizar guantes con protección para riesgo químico (nitrilo) y protección ocular (gafas o pantallas faciales) adecuados y debidamente certificados (con marcado CE) para evitar contactos con los productos químicos utilizados.

Cuando se utilizan productos químicos siempre deben respetarse las siguientes normas de seguridad:

- * Deben seguirse estrictamente las normas y procedimientos de trabajo establecidos
- * Antes de manipular cualquier producto nuevo o desconocido, leer su etiqueta para conocer sus riesgos y las precauciones que deben tomarse.
- * Manipularlos siempre con ventilación suficiente; si no hay suficiente ventilación y puede producirse su inhalación, se deberán utilizar equipos de protección respiratoria adecuados.
- * Los recipientes de productos químicos se deben mantener bien cerrados cuando no se utilizan. De esta manera se evita la posibilidad de que se produzcan derrames o salpicaduras y que los productos se dispersen en el ambiente.
- * Mantener en el lugar de trabajo únicamente las cantidades imprescindibles de productos químicos. No acumular en el puesto de trabajo cantidades mayores de las necesarias. Al finalizar los trabajos, guardar los envases en almacenamientos adecuados.
- * Algunas sustancias pueden reaccionar violentamente al mezclarse dando lugar a fuegos, explosiones o liberación de productos tóxicos.

No mezclar productos químicos, salvo que exista orden expresa o así esté establecido en el procedimiento de trabajo.

* Nunca se utilizarán envases de bebidas o alimentos para guardar productos químicos.

* No se debe comer, beber ni fumar cuando se trabaja con productos químicos. Tampoco deben guardarse envases de alimentos o bebidas donde se trabaja con estos productos o se almacenan.

* Mantener una estricta higiene personal. Es necesario lavarse a fondo las manos después de utilizar productos químicos, al finalizar la jornada y antes de comer, beber, fumar o tocarse la cara o los ojos.

Utilizar ropa de trabajo específica distinta de la de calle (batas, monos...)

* Recoger todos los residuos generados al finalizar las operaciones de mantenimiento, depositándolos en contenedores y en el caso de aceites, en los bidones herméticos.

* Todos los productos químicos peligrosos (tóxicos, nocivos, corrosivos, irritantes, inflamables, etc.) deben estar correctamente etiquetados y disponer de su ficha de seguridad, de manera que quien los utiliza pueda conocer los riesgos y medidas de seguridad a tener en cuenta.

Es preferible que los productos se mantengan en sus envases originales. Cuando sea necesario efectuar trasvases, se etiquetarán adecuadamente los nuevos envases, consignado los datos de la etiqueta original.

3.2.11 Exposición de agentes químicos por inhalación.

Si no hay ventilación suficiente y puede producirse inhalación de productos químicos, se deberán utilizar equipos de protección respiratoria adecuados a los citados productos y debidamente certificados (con marcado CE), siempre y cuando se trate de exposiciones ocasionales, situaciones provisionales u operaciones de corta duración o esporádicas (trabajos de mantenimiento, limpieza, etc.), o bien, situaciones en las que no es factible controlar el riesgo de inhalación mediante otro tipo de medidas preventivas (o éstas son insuficientes).



Todos los productos químicos peligrosos (tóxicos, nocivos, corrosivos, irritantes, inflamables, etc.) deben estar correctamente etiquetados y disponer de su ficha de seguridad, de manera que quien los utiliza pueda conocer los riesgos y medidas de seguridad a tener en cuenta. Es preferible que los productos se mantengan en sus envases originales. Cuando sea necesario efectuar trasvases, se etiquetarán adecuadamente los nuevos envases, consignando los datos de la etiqueta original.

El personal que utiliza gases tóxicos o corrosivos debe disponer de equipos de protección respiratoria adecuados. Estos equipos se situarán fuera del área contaminable, en lugares próximos y fácilmente accesibles para poder recurrir a ellos en caso necesario.

3.2.12 Exposición al ruido.

Utilizar protectores auditivos, tapones o auriculares, adecuados al espectro y nivel de ruido al que están expuestos los trabajadores. Los auriculares deben mantenerse en perfecto estado de uso, para ello deben limpiarse periódicamente las almohadillas y ser sustituidos cuando la presión ejercida por la banda se vea reducida con el tiempo. Después de su utilización deben guardarse en un área limpia donde no puedan ser dañados.

3.2.13 Choques contra objetos inmóviles.

Mantener libres de obstáculos las zonas de paso y espacios de trabajo, evitando colocar cajas y otros objetos en estas zonas, estos se deberán colocar en los lugares habilitados para este fin.

3.2.14 Accidentes por circulación.

Se deberá establecer un calendario de revisión y mantenimiento periódico de todos los vehículos de la empresa.

Asimismo, se recomienda disponer de un procedimiento de notificación por escrito de anomalías detectadas en los vehículos. Reparar lo antes posible cualquier avería que se haya producido en los vehículos.

Deberán cumplirse las siguientes normas de seguridad para conducir:

- * Respetar estrictamente la normativa indicada en el Código de Circulación.
- * Anticiparse a las posibles maniobras de otros usuarios y circunstancias peligrosas del tráfico o de la vía.
- * Respetar las distancias de seguridad.
- * Prestar especial atención en el momento de bajar del vehículo o andar junto al mismo en caso de detenerse en el arcén de alguna vía de Circulación.
- * Realizar todas las revisiones de mantenimiento indicadas por el fabricante.
- * Cuando se transporte cualquier carga, deben colocarse de manera que se eviten desplazamientos peligrosos, utilizando medios de sujeción adecuados en caso necesario. Comprobar la estabilidad y sujeción de las cargas antes de iniciar la circulación.
- * No conducir bajo los efectos del alcohol y/o medicamentos depresores del SNC o drogas. Si se toman medicamentos que puedan afectar a la conducción, deberá informarse de ello a la Empresa para que, a través del servicio de vigilancia de la salud, se tomen las medidas oportunas.
- * Evitar las comidas copiosas o los alimentos grasos cuando después se debe conducir.



- * No conducir de manera prolongada; descansar suficientemente, realizando pausas cortas y frecuentes.
- * Detener inmediatamente el vehículo en adecuadas condiciones de seguridad para usted y para el resto de conductores en caso de notar síntomas de somnolencia.

3.2.15 Protección de fragmentos o partículas.

Se debe utilizar protección ocular (gafas o pantallas faciales) adecuados y debidamente certificados (con marcado CE) para evitar proyecciones con los productos químicos utilizados.

Instalar resguardos fijos o móviles, de resistencia adecuada y suficiente, que puedan retener las proyecciones generadas por el equipo de trabajo.

La maquinaria y en general los equipos de trabajo que se utilicen con anterioridad a la entrada en vigor del R.D. 1435/1992 i R.D.56/1995, se tienen que adecuar a los requisitos exigibles en el R.D. 1215/1997.

Los equipos comercializados con posterioridad a la entrada en vigor de los R.D. 1435/1992 i R.D.56/1995 tienen que disponer de marcado CE, declaración CE de conformidad y el libro de instrucciones en el idioma oficial de los usuarios.

3.2.16 Caída de objetos desprendidos.

Las normas de seguridad para el manejo seguro de los equipos elevadores son:

- * Nunca debe sobrepasar la carga máxima admisible del equipo.
- * Asegurar que la carga está equilibrada. Para ello, levantar la carga ligeramente y observar.
- * Transportar las cargas bien sujetas. Los cables deben trabajar en posición y ángulos adecuados (máximo 90 grados).
- * Controlar visualmente la zona de trabajo y respetar las vías de circulación de las cargas suspendidas para evitar transportarlas por encima de los puestos de trabajo.
- * Elevar y descender las cargas lentamente, evitando toda arrancada o parada brusca.
- * No dejar con cargas suspendidas los equipos de elevación.
- * Nunca debe transportar a personas sobre cargas, ganchos o eslingas vacías.
- * Realizar las conexiones y empalmes con los medios adecuados y debidamente protegidos.

12.2.17 Posturas forzadas.

Para reducir el riesgo derivado de la adopción de posturas forzadas durante la conducción, se recomienda seguir las siguientes recomendaciones:

- * Regular la altura del asiento y del volante del vehículo de tal manera que se eviten posturas forzadas en la espalda, extremidades superiores y extremidades inferiores.
- * Mantener la espalda recta y apoyada en el respaldo del vehículo mientras esté conduciendo.
- * Aprovechar las paradas para caminar y desentumecer la musculatura.
- * Realizar periódicamente ejercicio físico para prevenir las lesiones músculo-esqueléticas.